

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



PATENT

Docket No. 12219/43

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANTS: Yuji KAMO
SERIAL NO. : 10/728,745
FILED : 08 December 2003
FOR : IMAGE-FORMATION OPTICAL SYSTEM, AND IMAGING
SYSTEM INCORPORATING THE SAME

COMMISSIONER FOR PATENTS
P. O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313

CLAIM TO CONVENTION PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119

SIR:

The Convention Priority Dates of Japanese Patent Application No. 2003-2828 filed in Japan on 9 January 2003, No. 2003-20587 filed 29 January 2003, No. 2003-39480 filed 18 February 2003, No. 2003-39481 filed 18 February 2003, and 2003-44053 filed 21 February 2003, were claimed in the Declaration/Power of Attorney filed on even date hereof. To complete the claim to the Convention Priority Dates of said Japanese Patent Applications, certified copies thereof are submitted herewith.

Respectfully submitted,

John C. Altmiller
(Reg. No. 25,951)

Dated: 3 May 2004

KENYON & KENYON
1500 K Street, N.W., Suite 700
Washington, DC 20005-1257
Tel: (202) 220-4200
Fax: (202) 220-4201

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 月 9 日
Date of Application:

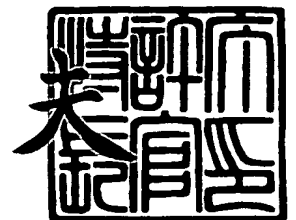
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 0 2 8 2 8
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 0 2 8 2 8]

出 願 人 オ リ ン パ ス 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 02P02352

【提出日】 平成15年 1月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 13/00

【発明者】

【住所又は居所】 長野県岡谷市長地柴宮 3 丁目 1 5 番 1 号

オリンパスオプトテクノロジー株式会社内

【氏名】 加茂 裕二

【特許出願人】

【識別番号】 000000376

【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097777

【弁理士】

【氏名又は名称】 荏澤 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100088041

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部龍吉

【選任した代理人】

【識別番号】 100092495

【弁理士】

【氏名又は名称】 蛭川昌信

【選任した代理人】

【識別番号】 100092509

【弁理士】

【氏名又は名称】 白井博樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100095120

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 亘彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100095980

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅井 英雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100094787

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木 健二

【選任した代理人】

【識別番号】 100091971

【弁理士】

【氏名又は名称】 米澤 明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014960

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9102411

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 結像光学系及びそれを用いた撮像装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体側から順に、明るさ絞りと、像側に凸面を向けた第 1 正メニスカスレンズと、両凹の第 2 負レンズと、第 3 正レンズの 3 枚のレンズからなることを特徴とする結像光学系。

【請求項 2】 物体側から順に、明るさ絞りと、像側に凸面を向けた第 1 正メニスカスレンズと、両凹の第 2 負レンズと、第 3 正レンズの 3 枚のレンズからなる結像光学系を備えたことを特徴とする撮像装置。

【請求項 3】 前記 3 枚のレンズの像側に配された撮像素子を備えたことを特徴とする請求項 2 記載の撮像装置。

【請求項 4】 3 枚のレンズを各々単レンズとし、3 枚のレンズにて形成される 2 つの空気レンズが、形状の異なる 2 つの屈折面に挟まれて構成されていることを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の撮像装置。

【請求項 5】 前記 2 つの空気レンズが形状の異なる 2 つの非球面に挟まれて構成されたことを特徴とする請求項 4 記載の撮像装置。

【請求項 6】 物体側から順に、明るさ絞りと、像側の光軸上曲率半径の絶対値が物体側の光軸上曲率半径の絶対値よりも小さい正単レンズの第 1 正レンズと、像側の光軸上曲率半径の絶対値が物体側の光軸上曲率半径の絶対値よりも小さい負単レンズの第 2 負レンズと、正単レンズの第 3 正レンズの 3 枚の単レンズからなる結像光学系と、その像側に配された撮像素子とを有し、以下の条件を満足することを特徴とする撮像装置。

$$0.30 < f_1 / I_h < 0.90 \quad \dots (10)$$

$$-0.75 < f_2 / I_h < -0.1 \quad \dots (3)$$

$$0.70 < f_3 / I_h < 2.00 \quad \dots (11)$$

ただし、 f_1 は第 1 正レンズの焦点距離、 f_2 は第 2 負レンズの焦点距離、 f_3 は第 3 正レンズの焦点距離、 I_h は最大像高である。

【請求項 7】 物体側から順に、明るさ絞りと、像側の光軸上曲率半径の絶対値が物体側の光軸上曲率半径の絶対値よりも小さい正単レンズの第 1 正レンズ

と、像側の光軸上曲率半径の絶対値が物体側の光軸上曲率半径の絶対値よりも小さい負単レンズの第2負レンズと、正単レンズの第3正レンズの3枚の単レンズからなる結像光学系と、その像側に配された撮像素子とを有し、以下の条件を満足することを特徴とする撮像装置。

$$0.1 < f_1 / f < 0.46 \quad \dots (9-3)$$

$$-0.75 < f_2 / f < -0.29 \quad \dots (12)$$

$$0.40 < f_3 / f < 0.85 \quad \dots (13)$$

ただし、 f_1 は第1正レンズの焦点距離、 f_2 は第2負レンズの焦点距離、 f_3 は第3正レンズの焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【請求項8】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項2から7の何れか1項記載の撮像装置。

$$-0.5 < (r_{2f} + r_{2r}) / (r_{2f} - r_{2r}) < 0.98 \quad \dots (1)$$

ただし、 r_{2f} は第2負レンズの物体側面の光軸上曲率半径、 r_{2r} は第2負レンズの像側面の光軸上曲率半径である。

【請求項9】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項8記載の撮像装置。

$$0 < (r_{2f} + r_{2r}) / (r_{2f} - r_{2r}) < 0.95 \quad \dots (1-1)$$

【請求項10】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項2から9の何れか1項記載の撮像装置。

$$0.01 < r_{1r} / r_{2f} < 0.75 \quad \dots (2)$$

ただし、 r_{1r} は第1正レンズの像側面の光軸上曲率半径、 r_{2f} は第2負レンズの物体側面の光軸上曲率半径である。

【請求項11】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項10記載の撮像装置。

$$0.05 < r_{1r} / r_{2f} < 0.6 \quad \dots (2-1)$$

【請求項12】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項2から5、7～11の何れか1項記載の撮像装置。

$$-0.75 < f_2 / I_h < -0.1 \quad \dots (3)$$

ただし、 f_2 は第2負レンズの焦点距離、 I_h は最大像高である。

【請求項 13】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 12 記載の撮像装置。

$$-0.6 < f_2 / l_h < -0.25 \quad \dots (3-1)$$

【請求項 14】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 2 から 13 の何れか 1 項記載の撮像装置。

$$-5.0 < f_{2-3} / f < -0.1 \quad \dots (4)$$

ただし、 f_{2-3} は第 2 負レンズと第 3 正レンズの合成焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【請求項 15】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 14 記載の撮像装置。

$$-2.0 < f_{2-3} / f < -0.3 \quad \dots (4-1)$$

【請求項 16】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 2 から 15 の何れか 1 項記載の撮像装置。

$$-0.8 < f_2 / f_3 < -0.1 \quad \dots (5)$$

ただし、 f_2 は第 2 負レンズの焦点距離、 f_3 は第 3 正レンズの焦点距離である。

【請求項 17】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 16 記載の撮像装置。

$$-0.5 < f_2 / f_3 < -0.2 \quad \dots (5-1)$$

【請求項 18】 前記第 2 負レンズの物体側の面は非球面からなり、次の条件式を満たすことを特徴とする請求項 2 から 17 の何れか 1 項記載の撮像装置。

$$0.01 < |(r_{2fs} + r_{2fa}) / (r_{2fs} - r_{2fa}) - 1| < 100 \quad \dots (6)$$

ただし、 r_{2fs} は第 2 負レンズの物体側面における光軸上の曲率半径、 r_{2fa} は第 2 負レンズの物体側面の非球面を考慮した曲率半径の中、光学有効範囲内で最も変化したときの値である。

【請求項 19】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 18 記載の撮像装置。

$$0.05 < |(r_{2fs} + r_{2fa}) / (r_{2fs} - r_{2fa}) - 1| < 5.0$$

... (6-1)

【請求項 20】 前記第 2 負レンズの像側の面は非球面からなり、次の条件式を満足することを特徴とする請求項 2 から 19 の何れか 1 項記載の撮像装置。

$$0.01 < |(r_{2rs} + r_{2ra}) / (r_{2rs} - r_{2ra}) - 1| < 100 \quad \dots (7)$$

ただし、 r_{2rs} は第 2 負レンズの像側面における光軸上の曲率半径、 r_{2ra} は第 2 負レンズの像側面の非球面を考慮した曲率半径の中、光学有効範囲内で最も変化したときの値である。

【請求項 21】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 20 記載の撮像装置。

$$0.1 < |(r_{2rs} + r_{2ra}) / (r_{2rs} - r_{2ra}) - 1| < 5.0 \quad \dots (7-2)$$

【請求項 22】 次の条件式を満たすことを特徴とする請求項 2 から 21 の何れか 1 項記載の撮像装置。

$$10^\circ < \alpha < 40^\circ \quad \dots (8)$$

ただし、 α は最大像高における主光線の像面への入射角度である。

【請求項 23】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 22 記載の撮像装置。

$$15^\circ < \alpha < 35^\circ \quad \dots (8-1)$$

【請求項 24】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 2 から 6、8～23 の何れか 1 項記載の撮像装置。

$$0.1 < f_1 / f < 1.2 \quad \dots (9)$$

ただし、 f_1 は第 1 正レンズの焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【請求項 25】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 24 記載の撮像装置。

$$0.2 < f_1 / f < 0.7 \quad \dots (9-1)$$

【請求項 26】 物体側から順に、物体側から順に、明るさ絞りと、像側に凸面を向けた第 1 正メニスカスレンズと、両凹の第 2 負レンズと、第 3 正レンズの 3 枚のレンズからなる結像光学系を備え、次の条件式を満足することを特徴と

する撮像装置。

$$-0.75 < f_2 / I_h < -0.1 \quad \dots (3)$$

ただし、 f_2 は第2負レンズの焦点距離、 I_h は最大像高である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、結像光学系とそれを用いた撮像装置に関するものであり、特に、CCDやCMOS等の固体撮像素子等を用いたデジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、携帯電話や、パソコンに搭載される小型カメラ、監視カメラ等の撮像装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、銀塩フィルムに代わり、CCDやCMOSのような固体撮像素子を用いて被写体を撮影するようにした電子カメラが普及してきている。このような電子カメラの中、携帯型コンピュータや携帯電話等に搭載される撮像装置では、特に小型、軽量化が求められている。

【0003】

このような撮像装置に用いる結像光学系として、従来よりレンズ枚数を1枚若しくは2枚で構成したものがある。しかしながら、これらは、収差論で明らかに、像面湾曲が補正できず高い性能は望めないことは既に知られている。そのため、高性能を満たすには3枚以上のレンズで構成することが必要である。

【0004】

一方、CCDの場合、結像レンズ系から射出された軸外光束が像面に対してあまりに大きな角度で入射すると、マイクロレンズの集光性能が十分に発揮されず、画像の明るさが画像中央部と画像周辺部で極端に変化するという問題が生じてしまう。そのため、CCDへの光線入射角、すなわち、射出瞳位置が設計上重要である。枚数の少ない光学系の場合には、明るさ絞りの位置が重要になる。

【0005】

これらの問題を考慮したものとして、フロント絞りのトリプレットタイプがあ

げられる。そのような結像レンズとして、特許文献1、特許文献2、特許文献3、特許文献4、特許文献5、特許文献6等で開示されている。

【0006】

【特許文献1】

特開平1-144007号公報

【0007】

【特許文献2】

特開平2-191907号公報

【0008】

【特許文献3】

特開平4-153612号公報

【0009】

【特許文献4】

特開平5-188284号公報

【0010】

【特許文献5】

特開平9-288235号公報

【0011】

【特許文献6】

特開2001-75006号公報

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、これらの先行例は、次に示すように様々な問題点があった。

【0013】

特許文献1、特許文献2、特許文献3、特許文献4、特許文献5では、第1正レンズは何れも両凸形状であるので、軸外光線のコマ収差、非点収差の補正が難しくなっていた。そのため、何れも半画角が25°程度であった。また、そこに高屈折率のガラスを用いないと、光学性能を十分に満足させることができないので、低コスト化、軽量化を達成することも困難であった。

【0014】

特許文献6では、第1正レンズを像側に凸のメニスカス形状にして上記の影響を軽減している。しかしながら、全長は大きく、小型化を達成しているとはいえなかった。

【0015】

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、高性能化と小型化を同時に満たす結像光学系及びそれを用いた撮像装置を提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の結像光学系は、物体側から順に、明るさ絞りと、像側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズと、両凹の第2負レンズと、第3正レンズの3枚のレンズからなることを特徴とするものである。

【0017】

本発明の撮像装置は、物体側から順に、明るさ絞りと、像側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズと、両凹の第2負レンズと、第3正レンズの3枚のレンズからなる結像光学系を備えたことを特徴とするものである。

【0018】

この場合、3枚のレンズの像側に配された撮像素子を備えていることが望ましい。

【0019】

また、3枚のレンズを各々単レンズとし、3枚のレンズにて形成される2つの空気レンズが、形状の異なる2つの屈折面に挟まれて構成されていることが望ましい。その場合に、2つの空気レンズが形状の異なる2つの非球面に挟まれて構成されたていることが望ましい。

【0020】

本発明の別の撮像装置は、物体側から順に、明るさ絞りと、像側の光軸上曲率半径の絶対値が物体側の光軸上曲率半径の絶対値よりも小さい正単レンズの第1正レンズと、像側の光軸上曲率半径の絶対値が物体側の光軸上曲率半径の絶対値

よりも小さい負単レンズの第2負レンズと、正単レンズの第3正レンズの3枚の単レンズからなる結像光学系と、その像側に配された撮像素子とを有し、以下の条件を満足することを特徴とするものである。

【0021】

$$0.30 < f_1 / I_h < 0.90 \quad \dots (10)$$

$$-0.75 < f_2 / I_h < -0.1 \quad \dots (3)$$

$$0.70 < f_3 / I_h < 2.00 \quad \dots (11)$$

ただし、 f_1 は第1正レンズの焦点距離、 f_2 は第2負レンズの焦点距離、 f_3 は第3正レンズの焦点距離、 I_h は最大像高である。

【0022】

本発明のさらに別の撮像装置は、物体側から順に、明るさ絞りと、像側の光軸上曲率半径の絶対値が物体側の光軸上曲率半径の絶対値よりも小さい正単レンズの第1正レンズと、像側の光軸上曲率半径の絶対値が物体側の光軸上曲率半径の絶対値よりも小さい負単レンズの第2負レンズと、正単レンズの第3正レンズの3枚の単レンズからなる結像光学系と、その像側に配された撮像素子とを有し、以下の条件を満足することを特徴とするものである。

【0023】

$$0.1 < f_1 / f < 0.46 \quad \dots (9-3)$$

$$-0.75 < f_2 / f < -0.29 \quad \dots (12)$$

$$0.40 < f_3 / f < 0.85 \quad \dots (13)$$

ただし、 f_1 は第1正レンズの焦点距離、 f_2 は第2負レンズの焦点距離、 f_3 は第3正レンズの焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【0024】

以上において、次の条件式を満足することが望ましい。

【0025】

$$-0.5 < (r_{2f} + r_{2r}) / (r_{2f} - r_{2r}) < 0.98 \quad \dots (1)$$

ただし、 r_{2f} は第2負レンズの物体側面の光軸上曲率半径、 r_{2r} は第2負レンズの像側面の光軸上曲率半径である。

【0026】

また、次の条件式を満足することが望ましい。

【0027】

$$0.01 < r_{1r} / r_{2f} < 0.75 \quad \dots (2)$$

ただし、 r_{1r} は第1正レンズの像側面の光軸上曲率半径、 r_{2f} は第2負レンズの物体側面の光軸上曲率半径である。

【0028】

また、次の条件式を満足することが望ましい。

【0029】

$$-0.75 < f_2 / I_h < -0.1 \quad \dots (3)$$

ただし、 f_2 は第2負レンズの焦点距離、 I_h は最大像高である。

【0030】

また、次の条件式を満足することが望ましい。

【0031】

$$-5.0 < f_{2-3} / f < -0.1 \quad \dots (4)$$

ただし、 f_{2-3} は第2負レンズと第3正レンズの合成焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【0032】

また、次の条件式を満足することが望ましい。

【0033】

$$-0.8 < f_2 / f_3 < -0.1 \quad \dots (5)$$

ただし、 f_2 は第2負レンズの焦点距離、 f_3 は第3正レンズの焦点距離である。

【0034】

また、第2負レンズの物体側の面は非球面からなり、次の条件式を満たすことが望ましい。

【0035】

$$0.01 < |(r_{2fs} + r_{2fa}) / (r_{2fs} - r_{2fa}) - 1| < 100 \quad \dots (6)$$

ただし、 r_{2fs} は第2負レンズの物体側面における光軸上の曲率半径、 r_{2fa} は

第2負レンズの物体側面の非球面を考慮した曲率半径の中、光学有効範囲内で最も変化したときの値である。

【0036】

また、第2負レンズの像側の面は非球面からなり、次の条件式を満足することが望ましい。

【0037】

$$0.01 < |(r_{2rs} + r_{2ra}) / (r_{2rs} - r_{2ra}) - 1| < 100 \quad \dots (7)$$

ただし、 r_{2rs} は第2負レンズの像側面における光軸上の曲率半径、 r_{2ra} は第2負レンズの像側面の非球面を考慮した曲率半径の中、光学有効範囲内で最も変化したときの値である。

【0038】

また、次の条件式を満たすことが望ましい。

【0039】

$$10^\circ < \alpha < 40^\circ \quad \dots (8)$$

ただし、 α は最大像高における主光線の像面への入射角度である。

【0040】

また、次の条件式を満たすことが望ましい。

【0041】

$$0.1 < f_1 / f < 1.2 \quad \dots (9)$$

ただし、 f_1 は第1正レンズの焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【0042】

以下、本発明において上記のような構成をとった理由と作用を説明する。

【0043】

まず、レンズ枚数について説明する。本発明では、性能と小型化を考慮した結果、レンズ枚数を3枚で構成した。レンズ枚数を4枚以上にすればさらに性能が向上するのは明らかであるが、1枚レンズが増えることにより、レンズの厚さ、レンズの間隔、枠のスペースがそれだけ多くなり、大型化するのは避けられない。また、前記の従来技術の項で述べたように、2枚以下では像面湾曲が小さく

ならず、かなり周辺性能は劣化する。3枚にするのが、性能、大きさ共に最適である。

【0044】

次に、CCD等の撮像素子への光線入射角を小さくするために、明るさ絞りを最も物体側に配置した。射出瞳位置が物体側に遠くなるようにレンズのパワーを構成すればよいが、枚数が少ないので、明るさ絞りの位置を物体側に配置するのが最も効果的である。

【0045】

ここで、明るさ絞りを最も物体側に配置すると、絞りに対して一方にしかレンズがないので、光学設計には周辺性能であるディストーションと倍率色収差の補正が難しくなってくる。そのため、物体側より順に正レンズ、負レンズ、正レンズと配置することにより、光線高の大きくなる第2、第3レンズで異符号のパワーを配置して補正している。なお、中心性能は、第1正レンズで発生する球面収差、軸上色収差を第2負レンズで補正し、画面全体の高性能化を達成している。

【0046】

なお、第1正レンズは、前記の発明が解決しようとする課題の項で述べたように、像側に凸のメニスカス形状にしている。これにより、軸外収差を良好に補正でき、高性能を達成できる。

【0047】

このとき、第2負レンズをメニスカス形状にすると、光学性能上の問題が発生してしまう。まず、一般的にレンズをメニスカス形状にすると、負レンズであっても一方の面は正パワーの収斂効果を出している。よって、このレンズのパワーを強くしていくと、もう一方の面である負パワーの面の曲率が強くなりすぎて、その結果、高次収差が発生し、性能劣化しやすくなってしまう。また、収差を両面で打ち消し合っているので、各面の相対偏心による製造誤差に対して性能劣化が大きくなるという問題もある。これは、全長短縮等を行いレンズのパワーを強くしていくと、その影響が顕著になってくるため、小型化を阻害する要因になってしまう。

【0048】

また、小型化には、望遠タイプのように全系の焦点距離に対しその主点を物体側に移動させるのがよいが、第2負レンズを物体側に凸のメニスカス形状にした場合には、第1正メニスカスレンズと共にその主点が像側に移動してしまい、小型化には不利な構成になってしまう。さらに、球面収差等の収差補正のためには、第1正レンズと第2負レンズとの主点間隔を小さくしてマージナル光線高が大きく変わらないようするのが効果があるので、第1正レンズはより像側に主点を移動せねばならず、両面の曲率、特に射出側の面の曲率がきつくなって、性能バランスが取り難くなってしまう。

【0049】

このことから、本発明では、第2負レンズを両凹で構成した。これにより、全長短縮しても高次収差の発生が少なくなるので、性能劣化し難くなる。また、メニスカス形状の場合と違って、各面で負のパワーを分割するようになるので、第2負レンズの各面の相対偏心による性能劣化が軽減される。すなわち、全長を短縮しても、高性能を達成することが可能になる。

【0050】

また、各々のレンズを単レンズとし、レンズ間に挟まれる2つの空気レンズの両側を形状の異なる屈折面にすると、軸上収差と軸外収差の双方の収差補正のバランスが取りやすくなる。特に、3枚のレンズにて形成される2つの空気レンズが形状の異なる2つの非球面に挟まれる構成とすると、より収差補正が良好に行える。

【0051】

また、以上において、次の条件式を満足することが望ましい。

【0052】

$$-0.5 < (r_{2f} + r_{2r}) / (r_{2f} - r_{2r}) < 0.98 \quad \dots (1)$$

ただし、 r_{2f} は第2負レンズの物体側面の光軸上曲率半径、 r_{2r} は第2負レンズの像側面の光軸上曲率半径である。

【0053】

この条件式(1)の上限の0.98を越えると、物体側の負パワーが弱くなりすぎ、第1正レンズによる収差を良好に補正できなくなり、下限の-0.5を越

えると、周辺光束の光線高の高くなる像側の面のパワーが弱くなりすぎて、倍率色収差が悪化してしまう。

【0054】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0055】

$$0 < (r_{2f} + r_{2r}) / (r_{2f} - r_{2r}) < 0.95 \quad \dots (1-1)$$

さらに好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0056】

$$0.3 < (r_{2f} + r_{2r}) / (r_{2f} - r_{2r}) < 0.8 \quad \dots (1-2)$$

また、第1正レンズの像側の面が強い正パワーを持つため、次の面である第2負レンズの物体側の面で残収差を効果的に収差補正するのが望ましい。このとき、次の条件式を満たすのがよい。

【0057】

$$0.01 < r_{1r} / r_{2f} < 0.75 \quad \dots (2)$$

ただし、 r_{1r} は第1正レンズの像側面の光軸上曲率半径、 r_{2f} は第2負レンズの物体側面の光軸上曲率半径である。

【0058】

この条件式(2)の上限の0.75を越えると、第2負レンズの物体側の面の負パワーが強くなりすぎ、補正過剰になってしまい、下限の0.01を越えると、負パワーが弱くなりすぎ補正不足になってしまい、共に性能が劣化する。

【0059】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0060】

$$0.05 < r_{1r} / r_{2f} < 0.6 \quad \dots (2-1)$$

さらに好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0061】

$$0.1 < r_{1r} / r_{2f} < 0.4 \quad \dots (2-2)$$

また、第2負レンズは第1正レンズと第3正レンズの中間に配置されているので、このパワーを適切に設定しておかないと、両正レンズの収差発生を効果的に

補正できなくなってしまう。そのため、次の条件式を満たすのがよい。

【0062】

$$-0.75 < f_2 / I_h < -0.1 \quad \dots (3)$$

ただし、 f_2 は第2負レンズの焦点距離、 I_h は最大像高である。

【0063】

この条件式(3)の上限の -0.1 を越えると、第2負レンズのパワーが強くなりすぎ、補正過剰になってしまい、下限の -0.75 を越えると、パワーが弱くなりすぎ、補正不足になってしまい、共に性能が劣化する。

【0064】

ここで、撮像装置の最大像高 I_h は、結像光学系の像面側に撮像領域を制限する視野枠を配する場合は、視野枠対角長の半分であり、固体撮像素子等の撮像素子を配する場合は、有効撮像領域の対角長の半分である。

【0065】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0066】

$$-0.6 < f_2 / I_h < -0.25 \quad \dots (3-1)$$

また、第2負レンズは発散作用を持つので、像面への入射角度に関して不利な方向に働く。そのため、その次の第3正レンズの構成が重要である。そのため、次の条件式を満たすのがよい。

【0067】

$$-5.0 < f_{2-3} / f < -0.1 \quad \dots (4)$$

ただし、 f_{2-3} は第2負レンズと第3正レンズの合成焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【0068】

この条件式(4)の上限の -0.1 を越えると、負パワーが強くなりすぎて像面への入射角度がきつくなりすぎ、下限の -5.0 を越えると、負パワーが弱くなりすぎて全長が大きくなってしまう。

【0069】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0070】

$$-2.0 < f_{2-3} / f < -0.3 \quad \dots (4-1)$$

また、第2、3レンズは明るさ絞りから遠く離れて配置され軸外光線高が高くなるため、倍率色収差やディストーションの発生が大きくなりがちである。そのため、次の条件式を満たすのがよい。

【0071】

$$-0.8 < f_2 / f_3 < -0.1 \quad \dots (5)$$

ただし、 f_2 は第2負レンズの焦点距離、 f_3 は第3正レンズの焦点距離である。

【0072】

この条件式(5)の上限の -0.1 、下限の -0.8 何れも越えると、倍率色収差やディストーションが補正過剰若しくは補正不足になってしまい、共に周辺性能が悪化する。

【0073】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0074】

$$-0.5 < f_2 / f_3 < -0.2 \quad \dots (5-1)$$

また、第2負レンズの物体側の面は非球面で構成すると、良好に収差補正することができ、次の条件式を満たすのが望ましい。

【0075】

$$0.01 < |(r_{2fs} + r_{2fa}) / (r_{2fs} - r_{2fa}) - 1| < 100 \quad \dots (6)$$

ただし、 r_{2fs} は第2負レンズの物体側面における光軸上の曲率半径、 r_{2fa} は第2負レンズの物体側面の非球面を考慮した曲率半径の中、光学有効範囲内で最も変化したときの値である。

【0076】

ここで、非球面を考慮した曲率半径 r_{ASP} は、非球面定義式を $f(y)$ としたとき、次の式で定義される。以下、同じ。

【0077】

$$r_{ASP} = y \cdot (1 + f'(y)^2)^{1/2} / f'(y)$$

ただし、 y は光軸からの高さ、 $f'(y)$ は $f(y)$ の一階微分とする。

【0078】

この条件式(6)の上限の100を越えると、非球面効果が弱くなりすぎて補正不足になってしまい、コマ収差、非点収差が悪化してしまい、下限の0.01を越えると、非球面効果が強くなりすぎて補正過剰になり、性能が劣化すると共に、レンズの加工が難しくなる。

【0079】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0080】

$$0.05 < |(r_{2fs} + r_{2fa}) / (r_{2fs} - r_{2fa}) - 1| < 5.0 \quad \dots (6-1)$$

さらに好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0081】

$$0.1 < |(r_{2fs} + r_{2fa}) / (r_{2fs} - r_{2fa}) - 1| < 3.0 \quad \dots (6-2)$$

また、第2負レンズの像側の面は非球面で構成すると、良好に収差補正することができ、次の条件式を満たすのが望ましい。

【0082】

$$0.01 < |(r_{2rs} + r_{2ra}) / (r_{2rs} - r_{2ra}) - 1| < 100 \quad \dots (7)$$

ただし、 r_{2rs} は第2負レンズの像側面における光軸上の曲率半径、 r_{2ra} は第2負レンズの像側面の非球面を考慮した曲率半径の中、光学有効範囲内で最も変化したときの値である。

【0083】

この条件式(7)の上限の100を越えると、非球面効果が弱くなりすぎて補正不足になってしまい、コマ収差、非点収差が悪化してしまい、下限の0.01を越えると、非球面効果が強くなりすぎて補正過剰になり、性能が劣化すると共に、レンズの加工が難しくなる。

【0084】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0085】

$$0.05 < |(r_{2rs} + r_{2ra}) / (r_{2rs} - r_{2ra}) - 1| < 10.0 \quad \dots (7-1)$$

さらに好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0086】

$$0.1 < |(r_{2rs} + r_{2ra}) / (r_{2rs} - r_{2ra}) - 1| < 5.0 \quad \dots (7-2)$$

また、撮像素子に CCD を用いる場合、結像光学系から射出された軸外光束が像面に対してあまりに大きな角度で入射すると、画像中央部と画像周辺部で画像の明るさが変化してしまう。一方、像面に対して小さい角度で入射させるとこの問題は軽減されるが、今度は光学系の全長が大きくなってしまう。そのため、次の条件式を満たすのがよい。

【0087】

$$10^\circ < \alpha < 40^\circ \quad \dots (8)$$

ただし、 α は最大像高における主光線の像面への入射角度である。

【0088】

この条件式 (8) の上限の 40° を越えると、CCD への入射角が大きくなりすぎ、画像周辺部の明るさが低下してしまい、下限の 10° を越えると、全長が大きくなりすぎてしまう。

【0089】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0090】

$$15^\circ < \alpha < 35^\circ \quad \dots (8-1)$$

さらに好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0091】

$$17.5^\circ < \alpha < 25^\circ \quad \dots (8-2)$$

また、第 1 正レンズは明るさ絞りに最も近いいため、画面中心から周辺までの全

ての光線が集まって略同じようなポイントを通過する。そのため、第1正レンズを適切に設定しないと、画面全体の性能に関わってしまう。よって、次の条件式を満たすのがよい。

【0092】

$$0.1 < f_1 / f < 1.2 \quad \dots (9)$$

ただし、 f_1 は第1正レンズの焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【0093】

この条件式(9)の上限の1.2を越えると、正レンズのパワーが弱くなりすぎて全長が大きくなってしまい、下限の0.1を越えると、正レンズのパワーが強くなりすぎて、球面収差、コマ収差等が発生して画面全体の性能が劣化してしまう。

【0094】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0095】

$$0.2 < f_1 / f < 0.7 \quad \dots (9-1)$$

さらに好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0096】

$$0.25 < f_1 / f < 0.5 \quad \dots (9-2)$$

また、本発明の別の撮像装置において、フロント絞りの構成にて、結像光学系を正、負、正の順の3枚の単レンズにて構成し、第1正レンズの焦点距離を小さくして、このレンズに主たる正屈折力を担わせることで全体として正、負の順のテレフォトタイプにして主点を物体寄りにすることで、全長を短縮することが可能となる。

【0097】

このとき、第1正レンズの像側面の曲率半径を強くすることで、第1正レンズの適度な屈折力を保ちつつ、明るさ絞りから入射する軸外光束の屈折角を緩やかにして軸外収差の補正を行うことができる。

【0098】

また、第3正レンズは、撮像素子に入射する光束を垂直に近づける作用を持た

せているが、第2負レンズの像側の面に強い屈折力を持たせることにより、第2、第3レンズ共同で倍率色収差、軸外収差の発生を抑えている。

【0099】

この構成において、次の条件式を満足することが望ましい。

【0100】

$$0.30 < f_1 / I_h < 0.90 \quad \dots (10)$$

$$-0.75 < f_2 / I_h < -0.1 \quad \dots (3)$$

$$0.70 < f_3 / I_h < 2.00 \quad \dots (11)$$

ただし、 f_1 は第1正レンズの焦点距離、 f_2 は第2負レンズの焦点距離、 f_3 は第3正レンズの焦点距離、 I_h は最大像高である。

【0101】

あるいは、次の条件式を満足することが望ましい。

【0102】

$$0.1 < f_1 / f < 0.46 \quad \dots (9-3)$$

$$-0.75 < f_2 / f < -0.29 \quad \dots (12)$$

$$0.40 < f_3 / f < 0.85 \quad \dots (13)$$

ただし、 f_1 は第1正レンズの焦点距離、 f_2 は第2負レンズの焦点距離、 f_3 は第3正レンズの焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【0103】

条件式(10)、(3)、(11)は、それぞれのレンズの焦点距離を最大像高 I_h で規定したものである。

【0104】

条件式(10)は、像面のサイズを基準に、主たる屈折力を担う第1正レンズの屈折力を、収差バランスと取りつつ、全長の短縮化ができるように設定したものであり、条件式(3)、(11)は、その上での収差補正を行うための第2負レンズ、第3正レンズの屈折力を、条件式(10)と同じく最大像高を基準にして定めた条件である。

【0105】

これらの条件式を同時に満足することで、全長の短縮化、広画角化、収差補正

をバランスさせている。

【0106】

条件式(10)において、下限値の0.30を越えると、第1正レンズで発生する収差の補正が難しくなり、一方、上限値の0.90を越えると、全体をテレフォトタイプにして全長を短縮する効果が薄くなる。

【0107】

さらに、条件式(10)の下限値を0.35、又は、0.40とすると、収差補正上好ましく、また、上限値を0.75、又は、0.70とすると、全長の短縮化のためにより好ましい。

【0108】

条件式(3)において、上下限の-0.75、-0.1を越えると、収差補正が難しくなる。

【0109】

また、条件式(11)において、下限値の0.70を越えると、第3正レンズの屈折力が強くなり、第3正レンズの光軸上の厚さが大きくなって薄型化が難しくなるか、収差補正が難しくなり、一方、上限値の2.00を越えると、最軸外光束を像面に対して垂直に近づける作用が弱くなる。

【0110】

条件式(11)において、さらに下限値を0.80、又は、0.90とすると、収差補正しやすく、また、上限値を1.80、又は、1.60とすると、軸外主光線を垂直に近づけることができ好ましい。

【0111】

また、条件式(9-3)、(12)、(13)は、それぞれのレンズの焦点距離を全系の焦点距離で規定したものである。

【0112】

条件式(9-3)は、結像光学系の主たる屈折力を第1正レンズに負担させること意味し、条件式(12)、(13)は、その上での収差補正を行うための第2負レンズ、第3正レンズの屈折力を定めた条件である。

【0113】

これらの条件式を同時に満足することで、全長の短縮化、広画角化、収差補正をバランスさせている。

【0114】

条件式(9-3)において、下限値の0.1を越えると、第1正レンズで発生する収差の補正が難しくなり、一方、上限値の0.46を越えると、全体をテレフォトタイプにして全長を短縮する効果が薄くなる。

【0115】

さらに、条件式(9-3)の下限値を0.2、又は、0.25とすると、収差補正上好ましく、また、上限値を0.44、又は、0.43とすると、全長の短縮化のためにより好ましい。

【0116】

条件式(12)において、上下限の-0.75、-0.29を越えると、収差補正が難しくなる。

【0117】

条件式(12)において、さらに下限値を-0.6、又は、-0.37、又は、さらに上限値を-0.3、又は、-0.31とすると、収差補正が行いやすくなる。

【0118】

条件式(13)において、下限値の0.40を越えると、第3正レンズの屈折力が強くなり、第3正レンズの光軸上の厚さが大きくなって薄型化が難しくなるか、収差補正が難しくなり、一方、上限値の0.85を越えると、最軸外光束を像面に対して垂直に近づける作用が弱くなる。

【0119】

条件式(13)において、さらに下限値を0.60、又は、0.70とすると、収差補正が行いやすく、また、上限値を0.84、又は、0.83とすると、軸外主光線を垂直に近づけることができ好ましい。

【0120】

これらの条件式(10)、(3)、(11)、及び、(9-3)、(12)、(13)を同時に満足してもよい。また、前記した条件式(1)～(9-2)の

単数あるいは複数の条件式とを同時に満足するようにしてもよい。

【0121】

なお、以上の各条件式に共通して、各条件式範囲をより限定した下位の条件式の上限值のみ、又は、下限値のみをその上位の条件式の上限值あるいは下限値として限定するようにしてもよい。

【0122】

また、以上の条件式は、任意に複数を組み合わせることで、より本発明の効果を高めることができる。

【0123】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の結像光学系の実施例 1～4 について説明する。実施例 1～4 の無限遠物点合焦時のレンズ断面図をそれぞれ図 1～図 4 に示す。図中、明るさ絞りは S、第 1 正レンズは L 1、第 2 負レンズは L 2、第 3 正レンズは L 3、電子撮像素子のカバーガラスは C G、像面は I で示してある。なお、カバーガラス C G の表面に波長域制限用の多層膜を施してもよい。また、そのカバーガラス C G にローパスフィルター作用を持たせるようにしてもよい。

【0124】

実施例 1 の結像光学系は、図 1 に示すように、物体側から順に、明るさ絞り S、像側に凸面を向けた両面非球面の第 1 正メニスカスレンズ L 1、両凹の両面非球面の第 2 負レンズ L 2、両凸の両面非球面の第 3 正レンズ L 3、カバーガラス C G から構成されている。本実施例では、第 1 レンズ L 1～第 3 レンズ L 3 は全てプラスチックからなり、第 1 レンズ L 1、第 3 レンズ L 3 はアモルファスポリオレフィン系のゼオネックス（商品名）、第 2 レンズ L 2 はポリカーボネイトから構成されている。

【0125】

また、本実施例の仕様は、焦点距離 $f = 3.3 \text{ mm}$ 、像高 $Ih = 2.4 \text{ mm}$ であり、半画角 $\omega = 36^\circ$ の広角の光学系である。また、各レンズのそれぞれの光学有効径（片側）は、第 2 面 r_2 ～第 7 面 r_7 の順に、 0.644 mm 、 0.962 mm 、 1.144 mm 、 1.247 mm 、 1.526 mm 、 1.815 mm

である。

【0126】

実施例2の結像光学系は、図2に示すように、物体側から順に、明るさ絞りS、像側に凸面を向けた両面非球面の第1正メニスカスレンズL1、両凹の両面非球面の第2負レンズL2、物体側に凸面を向けた両面非球面の第3正メニスカスレンズL3、カバーガラスCGから構成されている。本実施例では、第1レンズL1～第2レンズL2はガラス、第3レンズL3はプラスチックからなり、第3レンズL3はアモルファスポリオレフィン系のゼオネックス（商品名）から構成されている。

【0127】

また、本実施例の仕様は、焦点距離 $f = 3.3 \text{ mm}$ 、像高 $Ih = 2.4 \text{ mm}$ であり、半画角 $\omega = 36^\circ$ の広角の光学系である。また、各レンズのそれぞれの光学有効径（片側）は、第2面 r_2 ～第7面 r_7 の順に、 0.667 mm 、 1.043 mm 、 1.088 mm 、 1.062 mm 、 1.195 mm 、 1.641 mm である。

【0128】

実施例3の結像光学系は、図3に示すように、物体側から順に、明るさ絞りS、像側に凸面を向けた両面非球面の第1正メニスカスレンズL1、両凹の両面非球面の第2負レンズL2、両凸の両面非球面の第3正レンズL3、カバーガラスCGから構成されている。本実施例では、第1レンズL1、第3レンズL3はプラスチック、第2レンズL2はガラスからなり、第1レンズL1、第3レンズL3はアモルファスポリオレフィン系のゼオネックス（商品名）から構成されている。

【0129】

また、本実施例の仕様は、焦点距離 $f = 3.3 \text{ mm}$ 、像高 $Ih = 2.4 \text{ mm}$ であり、半画角 $\omega = 36^\circ$ の広角の光学系である。また、各レンズのそれぞれの光学有効径（片側）は、第2面 r_2 ～第7面 r_7 の順に、 0.670 mm 、 1.163 mm 、 1.309 mm 、 1.641 mm 、 1.624 mm 、 1.791 mm である。

【0130】

実施例4の結像光学系は、図4に示すように、物体側から順に、明るさ絞りS、像側に凸面を向けた両面非球面の第1正メニスカスレンズL1、両凹の両面非球面の第2負レンズL2、両凸の両面非球面の第3正レンズL3、カバーガラスCGから構成されている。本実施例では、第1レンズL1～第3レンズL3は全てプラスチックからなり、第1レンズL1、第3レンズL3はアモルファスポリオレフィン系のゼオネックス（商品名）、第2レンズL2はポリカーボネイトから構成されている。

【0131】

また、本実施例の仕様は、焦点距離 $f = 3.3 \text{ mm}$ 、像高 $I_h = 2.4 \text{ mm}$ であり、半画角 $\omega = 36^\circ$ の広角の光学系である。また、各レンズのそれぞれの光学有効径（片側）は、第2面 r_2 ～第7面 r_7 の順に、 0.652 mm 、 0.962 mm 、 1.097 mm 、 1.291 mm 、 1.397 mm 、 1.682 mm である。

【0132】

以下に、上記各実施例の数値データを示すが、記号は上記の外、 r_1 、 $r_2 \dots$ は各レンズ面の曲率半径、 d_1 、 $d_2 \dots$ は各レンズ面間の間隔、 n_{d1} 、 $n_{d2} \dots$ は各レンズのd線の屈折率、 ν_{d1} 、 $\nu_{d2} \dots$ は各レンズのアッベ数である。なお、非球面形状は、 x を光の進行方向を正とした光軸とし、 y を光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

【0133】

$$x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (K+1) (y/r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

ただし、 r は光軸上の曲率半径、 K は円錐係数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。

【0134】

実施例1

$$r_1 = \infty (\text{絞り}) \quad d_1 = 0.1500$$

$r_2 =$	-6.5436 (非球面)	$d_2 =$	1.0517	$n_{d1} =$	1.52542	$\nu_{d1} =$	55.78
$r_3 =$	-0.7168 (非球面)	$d_3 =$	0.1000				
$r_4 =$	-30.0120 (非球面)	$d_4 =$	0.6000	$n_{d2} =$	1.58423	$\nu_{d2} =$	30.49
$r_5 =$	0.7919 (非球面)	$d_5 =$	0.5843				
$r_6 =$	3.9990 (非球面)	$d_6 =$	1.2677	$n_{d3} =$	1.52542	$\nu_{d3} =$	55.78
$r_7 =$	-2.9858 (非球面)	$d_7 =$	0.5000				
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	1.0000	$n_{d4} =$	1.51633	$\nu_{d4} =$	64.14
$r_9 =$	∞	$d_9 =$	0.3868				
$r_{10} =$	∞ (像面)						

非球面係数

第 2 面

$$K = 16.6569$$

$$A_4 = -2.1175 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = 2.4986 \times 10^{-1}$$

$$A_8 = -1.0799$$

$$A_{10} = 6.7759 \times 10^{-1}$$

第 3 面

$$K = -3.0582$$

$$A_4 = -2.0333 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = -1.0575 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 3.6568 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = -7.2420 \times 10^{-2}$$

第 4 面

$$K = 0$$

$$A_4 = 2.1456 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -4.1265 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 3.3083 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = -3.5946 \times 10^{-3}$$

第 5 面

$$K = -5.0261$$

$$A_4 = 1.4181 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 1.8308 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -2.1621 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = 7.4684 \times 10^{-3}$$

第 6 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -7.3992 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 5.0526 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -1.0842 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = -5.7950 \times 10^{-4}$$

第 7 面

$$K = -6.1449$$

$$A_4 = -1.2884 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -1.7773 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 1.5345 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = -3.1206 \times 10^{-3}$$

【 0 1 3 5 】

実施例 2

$r_1 =$	∞ (絞り)	$d_1 =$	0.1500	
$r_2 =$	-163.0826 (非球面)	$d_2 =$	1.2486	$n_{d1} = 1.71700 \quad \nu_{d1} = 47.90$
$r_3 =$	-0.8468 (非球面)	$d_3 =$	0.1000	
$r_4 =$	-7.1595 (非球面)	$d_4 =$	0.6000	$n_{d2} = 1.84666 \quad \nu_{d2} = 23.80$
$r_5 =$	1.0846 (非球面)	$d_5 =$	0.4862	
$r_6 =$	2.8595 (非球面)	$d_6 =$	0.9365	$n_{d3} = 1.52542 \quad \nu_{d3} = 55.78$
$r_7 =$	21.6886 (非球面)	$d_7 =$	0.5000	
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	0.5000	$n_{d4} = 1.51633 \quad \nu_{d4} = 64.10$
$r_9 =$	∞	$d_9 =$	0.4488	

$r_{10} = \infty$ (像面)

非球面係数

第 2 面

$$K = 17.3876$$

$$A_4 = -1.6527 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = 1.6223 \times 10^{-1}$$

$$A_8 = -7.9356 \times 10^{-1}$$

$$A_{10} = 4.3502 \times 10^{-1}$$

第 3 面

$$K = -3.7934$$

$$A_4 = -1.5515 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = -1.2895 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 5.4504 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = -1.9223 \times 10^{-2}$$

第 4 面

$$K = 0$$

$$A_4 = 6.7955 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -5.9704 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 3.8965 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = -3.5723 \times 10^{-3}$$

第 5 面

$$K = -8.5753$$

$$A_4 = 2.1750 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 4.8974 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -4.1661 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = 1.8845 \times 10^{-2}$$

第 6 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -2.0748 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = 1.0850 \times 10^{-1}$$

$$A_8 = -4.7593 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = 5.6268 \times 10^{-3}$$

第 7 面

$$K = -23.8701$$

$$A_4 = -4.0887 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -7.4333 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 7.2471 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = -2.3127 \times 10^{-3}$$

【 0 1 3 6 】

実施例 3

$r_1 =$	∞ (絞り)	$d_1 =$	0.1500	
$r_2 =$	-9.6860 (非球面)	$d_2 =$	1.6384	$n_{d1} = 1.52542 \quad \nu_{d1} = 55.78$
$r_3 =$	-0.6937 (非球面)	$d_3 =$	0.1018	
$r_4 =$	-5.1048 (非球面)	$d_4 =$	0.6000	$n_{d2} = 1.70514 \quad \nu_{d2} = 41.20$
$r_5 =$	0.8648 (非球面)	$d_5 =$	0.3762	
$r_6 =$	6.5333 (非球面)	$d_6 =$	1.4299	$n_{d3} = 1.52542 \quad \nu_{d3} = 55.78$
$r_7 =$	-1.4995 (非球面)	$d_7 =$	1.0000	
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	1.0000	$n_{d4} = 1.51633 \quad \nu_{d4} = 64.10$
$r_9 =$	∞	$d_9 =$	0.7389	
$r_{10} =$	∞ (像面)			

非球面係数

第 2 面

$$K = -59.1814$$

$$A_4 = -1.2120 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = 3.1625 \times 10^{-1}$$

$$A_8 = -9.7874 \times 10^{-1}$$

$$A_{10} = 9.8482 \times 10^{-1}$$

第 3 面

$$K = -3.1900$$

$$A_4 = -9.8717 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 2.5463 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = -2.6289 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = 7.4538 \times 10^{-3}$$

第 4 面

$$K = 12.0804$$

$$A_4 = -2.4281 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -3.1148 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 2.2428 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = 6.2579 \times 10^{-4}$$

第 5 面

$$K = -7.2129$$

$$A_4 = -6.7698 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 4.6894 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -1.9662 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = 1.7027 \times 10^{-3}$$

第 6 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -9.2594 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 6.9802 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -1.7483 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = -5.7216 \times 10^{-4}$$

第 7 面

$$K = -2.7819$$

$$A_4 = -5.2887 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 6.6560 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 4.8128 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = -5.7750 \times 10^{-4}$$

【 0 1 3 7 】

実施例 4

$r_1 =$	∞ (絞り)	$d_1 =$	0.1500	
$r_2 =$	-12.6294 (非球面)	$d_2 =$	1.0730	$n_{d1} = 1.52542 \quad \nu_{d1} = 55.78$
$r_3 =$	-0.7143 (非球面)	$d_3 =$	0.1409	
$r_4 =$	-2.9570 (非球面)	$d_4 =$	0.6000	$n_{d2} = 1.58423 \quad \nu_{d2} = 30.49$
$r_5 =$	0.8935 (非球面)	$d_5 =$	0.3713	
$r_6 =$	3.3450 (非球面)	$d_6 =$	1.3104	$n_{d3} = 1.52542 \quad \nu_{d3} = 55.78$
$r_7 =$	-2.1798 (非球面)	$d_7 =$	0.5000	
$r_8 =$	∞	$d_8 =$	1.0000	$n_{d4} = 1.51633 \quad \nu_{d4} = 64.10$
$r_9 =$	∞	$d_9 =$	0.6950	
$r_{10} =$	∞ (像面)			

非球面係数

第 2 面

$$K = 151.6475$$

$$A_4 = -2.1628 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = 3.0208 \times 10^{-1}$$

$$A_8 = -1.2104$$

$$A_{10} = 7.1578 \times 10^{-1}$$

第 3 面

$$K = -2.9151$$

$$A_4 = -2.0522 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = -2.2638 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 5.9992 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = -9.5552 \times 10^{-2}$$

第 4 面

$$K = 3.6058$$

$$A_4 = 5.2938 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -4.8469 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 4.4066 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = 2.4170 \times 10^{-3}$$

第 5 面

$$K = -6.2499$$

$$A_4 = -1.9244 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 4.2544 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -3.3552 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = 9.7446 \times 10^{-3}$$

第 6 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.1018 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = 9.8531 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -4.0642 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = 4.6017 \times 10^{-3}$$

第 7 面

$$K = -5.6092$$

$$A_4 = -3.7110 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -1.1639 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 1.0065 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = -3.0086 \times 10^{-3}$$

【0138】

上記実施例 1～4 の無限遠にフォーカシングした場合の収差図をそれぞれ図 5～図 8 に示す。これら収差図において、“SA”は球面収差、“AS”は非点収差、“DT”は歪曲収差、“CC”は倍率色収差を示す。また、各収差図中、“ ω ”は半画角を示す。

【0139】

次に、上記各実施例における条件 (1)～(13) の値を示す。

【0140】

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
(1)	0.95	0.74	0.71	0.54
(2)	0.024	0.12	0.14	0.24
(3)	-0.55	-0.45	-0.42	-0.46
(4)	-1.30	-0.43	-3.30	-1.52
(5)	-0.38	-0.17	-0.41	-0.41
(6)	0.38	1.06	2.51	2.43
(7)	3.06	4.20	1.45	2.90
(8)	18.9 °	30.4 °	15.8 °	20.4 °
(9)	0.44	0.34	0.41	0.42
(10)	0.60	0.47	0.56	0.58
(11)	1.45	2.57	1.03	1.14
(12)	-0.40	-0.33	-0.31	-0.34
(13)	1.05	1.87	0.75	0.83

【0141】

ここで、本発明において、像面における最大像高 I_h は、前記のように、撮像素子の有効撮像領域（略矩形）の対角長 L の 2 分の 1 で定義される。そして、撮像領域を規定する手段として視野枠を配する場合は、視野枠対角長 L の 2 分の 1 であり、固体撮像素子等の撮像素子を配する場合は、有効撮像領域の対角長 L の 2 分の 1 である。

【0142】

そこで、撮像記録媒体が CCD 等の電子撮像素子の場合の有効撮像面（有効撮像領域）の対角長 L と画素間隔 a について説明しておく。図 9 は、撮像素子の画素配列の 1 例を示す図であり、画素間隔 a で R（赤）、G（緑）、B（青）の画素がモザイク状に配されている。有効撮像面は撮影した映像の再生（パソコン上での表示、プリンターによる印刷等）に用いる撮像素子上の光電変換面内における領域を意味する。図中に示す有効撮像面は、光学系の性能（光学系の性能が確保し得るイメージサークル）に合わせて、撮像素子の全光電変換面よりも狭い領

域に設定されている。有効撮像面の対角長 L は、この有効撮像面の対角長である。なお、映像の再生に用いる撮像範囲を種々変更可能としてよいが、そのような機能を有する撮像装置に本発明の結像光学系を用いる際は、その有効撮像面の対角長 L が変化する。そのような場合は、本発明において最大像高 I_h を定義する有効撮像面の対角長 L は、 L の取り得る範囲における最大値とする。

【0143】

図10は、CCD等の電子撮像素子の撮像面に視野枠を配する場合の視野枠対角長について説明するための図である。CCD等の電子撮像素子に像を形成して撮影する場合、その有効撮影領域は撮像面直前の視野枠の開口によって決定される。ここでも、視野枠の形状の変更は種々行う構成としてよいが、図9の場合と同様に、本発明において最大像高 I_h を定義する有効撮像面の対角長 L は、 L のとり得る範囲における最大値とする。

【0144】

なお、以上の本発明の実施例において、絞り S の直前にカバーガラスを配置するようにしてもよい。

【0145】

また、本発明の以上の実施例において、プラスチックで構成しているレンズをガラスで構成するようにしてもよい。例えば何れかの実施例のプラスチックより屈折率の高いガラスを用いれば、さらに高性能を達成できるのは言うまでもない。また、特殊低分散ガラスを用いれば、色収差の補正に効果があるのは言うまでもない。特にプラスチックで構成する場合には、低吸湿材料を用いることにより、環境変化による性能劣化が軽減されるので好ましい（例えば、日本ゼオン社のゼオネックス（商品名）等がある）。

【0146】

また、ゴースト、フレア等の不要光をカットするために、明るさ絞り S 以外にフレア絞り FS を配置してもよい（図1～図4にはその配置例を示す。）。フレア絞り FS は、上記実施例の明るさ絞り S から第1レンズ L_1 の間、第1レンズ L_1 と第2レンズ L_2 の間、第2レンズ L_2 と第3レンズ L_3 の間、第3レンズ L_3 から像面 I の間の何れの場所に配置してもよい。図1～図4のようにレンズ

枠によりフレア光線をカットするように構成してもよいし、フレア絞り F S を別の部材で構成してもよい。また、光学系に直接印刷しても、塗装しても、シール等を接着しても構わない。また、その形状は、円形、楕円形、矩形、多角形、関数曲線で囲まれる範囲等、いかなる形状でも構わない。また、有害光束をカットするだけでなく、画面周辺のコマフレア等の光束をカットするようにしてもよい。

【0147】

また、各レンズには、反射防止コートを行い、ゴースト、フレアを軽減しても構わない。マルチコートであれば、効果的にゴースト、フレアを軽減できるので望ましい。また、赤外カットコートをレンズ面、カバーガラス等に行ってもよい。

【0148】

また、ピント調節を行うためにフォーカシングを行うようにしてもよい。レンズ系全体を繰り出してフォーカスを行ってもよいし、一部のレンズを繰り出すか、若しくは、繰り込みをしてフォーカスするようにしてもよい。

【0149】

また、画像周辺部の明るさ低下を CCD のマイクロレンズをシフトすることにより軽減するようにしてもよい。例えば、各像高における光線の入射角に合わせて、CCD のマイクロレンズの設計を変えてもよい。また、画像処理により画像周辺部の低下量を補正するようにしてもよい。

【0150】

上記各実施例は小型でありながら、図 5 ～図 8 の収差図に示すように、良好な画像が得られている。

【0151】

ところで、以上の各実施例において、前記のように、カバーガラス C G の入射面側に近赤外シャープカットコートを施してもよい。この近赤外シャープカットコートは、波長 600 nm での透過率が 80% 以上、波長 700 nm での透過率が 10% 以下となるように構成する。具体的には、例えば次のような 27 層の層構成からなる多層膜である。ただし、設計波長は 780 nm である。

【0152】

基 板	材 質	物理的膜厚 (nm)	$\lambda/4$
第1層	Al_2O_3	58.96	0.50
第2層	TiO_2	84.19	1.00
第3層	SiO_2	134.14	1.00
第4層	TiO_2	84.19	1.00
第5層	SiO_2	134.14	1.00
第6層	TiO_2	84.19	1.00
第7層	SiO_2	134.14	1.00
第8層	TiO_2	84.19	1.00
第9層	SiO_2	134.14	1.00
第10層	TiO_2	84.19	1.00
第11層	SiO_2	134.14	1.00
第12層	TiO_2	84.19	1.00
第13層	SiO_2	134.14	1.00
第14層	TiO_2	84.19	1.00
第15層	SiO_2	178.41	1.33
第16層	TiO_2	101.03	1.21
第17層	SiO_2	167.67	1.25
第18層	TiO_2	96.82	1.15
第19層	SiO_2	147.55	1.05
第20層	TiO_2	84.19	1.00
第21層	SiO_2	160.97	1.20
第22層	TiO_2	84.19	1.00
第23層	SiO_2	154.26	1.15
第24層	TiO_2	95.13	1.13
第25層	SiO_2	160.97	1.20
第26層	TiO_2	99.34	1.18

第27層 SiO₂ 87.19 0.65

空 気 。

【0153】

上記の近赤外シャープカットコート of 透過率特性は図11に示す通りである。

【0154】

また、ローパスフィルターの射出面側には、図12に示すような短波長域の色の透過を低減する色フィルターを設けるか若しくはコーティングを行うことで、より一層電子画像の色再現性を高めている。

【0155】

具体的には、このフィルター若しくはコーティングにより、波長400nm～700nmで透過率が最も高い波長の透過率に対する420nmの波長の透過率の比が15%以上であり、その最も高い波長の透過率に対する400nmの波長の透過率の比が6%以下であることが好ましい。

【0156】

それにより、人間の目の色に対する認識と、撮像及び再生される画像の色とのずれを低減させることができる。言い換えると、人間の視覚では認識され難い短波長側の色が、人間の目で容易に認識されることによる画像の劣化を防止することができる。

【0157】

上記の400nmの波長の透過率の比が6%を越えると、人間の目では認識され難い短波長域が認識し得る波長に再生されてしまい、逆に、上記の420nmの波長の透過率の比が15%よりも小さいと、人間の認識し得る波長域の再生が低くなり、色のバランスが悪くなる。

【0158】

このような波長を制限する手段は、補色モザイクフィルターを用いた撮像系においてより効果を奏するものである。

【0159】

上記各実施例では、図12に示すように、波長400nmにおける透過率を0

%、420 nmにおける透過率を90%、440 nmにて透過率のピーク100%となるコーティングとしている。

【0160】

前記した近赤外シャープカットコートとの作用の掛け合わせにより、波長450 nmの透過率99%をピークとして、400 nmにおける透過率を0%、420 nmにおける透過率を80%、600 nmにおける透過率を82%、700 nmにおける透過率を2%としている。それにより、より忠実な色再現を行っている。

【0161】

また、ローパスフィルターは、像面上投影時の方位角度が水平(=0°)と±45°方向にそれぞれ結晶軸を有する3種類のフィルターを光軸方向に重ねて使用することができ、それぞれについて、水平に $a \mu\text{m}$ 、±45°方向にそれぞれ $\text{SQRT}(1/2) \times a$ だけずらすことで、モアレ抑制を行うことができる。ここで、SQR Tはスクエアルートであり平方根を意味する。

【0162】

また、CCDの撮像面I上には、図13に示す通り、シアン、マゼンダ、イエロー、グリーン(緑)の4色の色フィルターを撮像画素に対応してモザイク状に設けた補色モザイクフィルターを設けている。これら4種類の色フィルターは、それぞれが略同じ数になるように、かつ、隣り合う画素が同じ種類の色フィルターに対応しないようにモザイク状に配置されている。それにより、より忠実な色再現が可能となる。

【0163】

補色モザイクフィルターは、具体的には、図13に示すように少なくとも4種類の色フィルターから構成され、その4種類の色フィルターの特性は以下の通りであることが好ましい。

【0164】

グリーンの色フィルターGは波長 G_p に分光強度のピークを有し、
イエローの色フィルター Y_e は波長 Y_p に分光強度のピークを有し、
シアンの色フィルターCは波長 C_p に分光強度のピークを有し、

マゼンダの色フィルターMは波長 Mp_1 と Mp_2 にピークを有し、以下の条件を満足する。

【0165】

$$510\text{ nm} < G_p < 540\text{ nm}$$

$$5\text{ nm} < Y_p - G_p < 35\text{ nm}$$

$$-100\text{ nm} < C_p - G_p < -5\text{ nm}$$

$$430\text{ nm} < Mp_1 < 480\text{ nm}$$

$$580\text{ nm} < Mp_2 < 640\text{ nm}$$

さらに、グリーン、イエロー、シアンの色フィルターはそれぞれの分光強度のピークに対して波長530 nmでは80%以上の強度を有し、マゼンダの色フィルターはその分光強度のピークに対して波長530 nmでは10%から50%の強度を有することが、色再現性を高める上でより好ましい。

【0166】

上記各実施例におけるそれぞれの波長特性の1例を図14に示す。グリーンの色フィルターGは525 nmに分光強度のピークを有している。イエローの色フィルター Y_e は555 nmに分光強度のピークを有している。シアンの色フィルターCは510 nmに分光強度のピークを有している。マゼンダの色フィルターMは445 nmと620 nmにピークを有している。また、530 nmにおける各色フィルターは、それぞれの分光強度のピークに対して、Gは99%、 Y_e は95%、Cは97%、Mは38%としている。

【0167】

このような補色フィルターの場合、図示しないコントローラー（若しくは、デジタルカメラに用いられるコントローラー）で、電氣的に次のような信号処理を行い、

輝度信号

$$Y = |G + M + Y_e + C| \times 1/4$$

色信号

$$R - Y = | (M + Y_e) - (G + C) |$$

$$B - Y = | (M + C) - (G + Y_e) |$$

の信号処理を経て R（赤）、G（緑）、B（青）の信号に変換される。

【0168】

ところで、上記した近赤外シャープカットコート配置位置は、光路上のどの位置であってもよい。また、ローパスフィルターの枚数も 2 枚でも 1 枚でも構わない。

【0169】

本発明の撮像装置において、光量調整のために、明るさ絞り S を複数の絞り羽にて構成し、その開口形状を可変とすることで調整する可変絞りを用いてもよい。図 15 は、開口時絞り形状の例を示す説明図、図 16 は、2 段絞り時の絞り形状の例を示す説明図である。図 15、図 16 において、OP は光軸、Da は 6 枚の絞り板、Xa、Xb は開口部を示している。本発明においては、絞りの開口形状を開放状態（図 15）と、所定の条件を満たす F 値となる絞り値（2 段絞り、図 16）の 2 種類のみとすることができる。

【0170】

又は、形状又は透過率の異なる形状固定の複数の明るさ絞りを設けたターレットを用いて、必要な明るさに応じて、何れかの明るさ絞りを結像光学系の物体側光軸上に配置する構成とすると、絞り機構の薄型化が図れる。また、そのターレット上に配された複数の明るさ絞りの開口の中の最も光量を低減させる開口に、他の明るさ絞りの透過率よりも低い透過率の光量低減フィルターを配する構成としてもよい。それにより、絞りの開口径を絞り込みすぎることがなくなり、絞りの開口径が小さいことにより発生する回折による結像性能の悪化を抑えることができる。

【0171】

この場合の 1 例の構成を示す斜視図を図 17 に示す。結像光学系の第 1 正レンズ L1 の物体側の光軸上の絞り S の位置に、0 段、-1 段、-2 段、-3 段、-4 段の明るさ調節を可能とするターレット 10 を配置している。

【0172】

ターレット 10 には、0 段の調整をする開口形状が最大絞り径の円形で固定の空間からなる開口 1A（波長 550 nm に対する透過率は 100%）と、-1 段

補正するために開口 1 A の開口面積の約半分の開口面積を有する開口形状が固定の透明な平行平板（波長 550 nm に対する透過率は 99%）からなる開口 1 B と、開口 1 B と同じ面積の円形開口部を有し、-2 段、-3 段、-4 段に補正するため、各々波長 550 nm に対する透過率が 50%、25%、13% の ND フィルターが設けられた開口部 1 C、1 D、1 E とを有している。

【0173】

そして、ターレット 10 に設けた回転軸 11 の周りの回転により何れかの開口を絞り位置に配することで光量調節を行っている。

【0174】

また、図 17 に示すターレット 10 に代えて、図 18 の正面図に示すターレット 10' を用いることができる。結像光学系の第 1 正レンズ L1 の物体側の光軸上の絞り S の位置に、0 段、-1 段、-2 段、-3 段、-4 段の明るさ調節を可能とするターレット 10' を配置している。

【0175】

ターレット 10' には、0 段の調整をする開口形状が最大絞り径の円形で固定の開口 1 A' と、-1 段補正するために開口 1 A' の開口面積の約半分となる開口面積を有する開口形状が固定の開口 1 B' と、さらに開口面積が順に小さくなり、-2 段、-3 段、-4 段に補正するための形状が固定の開口部 1 C'、1 D'、1 E' とを有している。

【0176】

そして、ターレット 10' に設けた回転軸 11 の周りの回転により何れかの開口を絞り位置に配することで光量調節を行っている。

【0177】

また、より薄型化のために、明るさ絞り S の開口を、形状、位置共に固定の絞りとし、光量調整は、撮像素子からの出力信号を電氣的に調整するようにしてもよい。また、レンズ系の他の空間、例えば第 3 正レンズ L3 と CCD カバーガラス CG の間に ND フィルターを抜き差しして光量調整を行う構成としてもよい。図 19 はその 1 例を示す図であり、ターレット 10'' の開口 1 A'' は素通り面又は中空の開口、開口 1 B'' は透過率 1/2 の ND フィルター、開口 1 C'' は透過率 1

／4のNDフィルター、開口1D”は透過率1／8のNDフィルター等を設けたターレット状のものをいい、中心の回転軸の周りの回転により何れかの開口を光路中の何れかの位置に配することで光量調節を行っている。

【0178】

また、光量調節のフィルターとして、光量ムラを抑えるように光量調節が可能なフィルター面を設けてもよい。例えば、暗い被写体に対しては中心部の光量確保を優先して透過率を均一とし、明るい被写体に対してのみ明るさムラを補うように、図20に示すように、同心円状に光量が中心程低下するフィルターを配する構成としてもよい。

【0179】

また、絞りSとしては、第1正レンズL1の入射面側の周辺部を黒塗りしたものでもよい。

【0180】

また、本発明による撮像装置を、カメラ等のように映像を静止画として保存するものとする場合、光量調整のためのシャッターを光路中に配置するとよい。

【0181】

そのようなシャッターとしては、CCDの直前に配置したフォーカルプレーンシャッターやロータリーシャッター、液晶シャッターでもよいし、開口絞り自体をシャッターとして構成してもよい。

【0182】

図21にシャッターの1例を示す。図21に示すものは、フォーカルプレーンシャッターの1つであるロータリーフォーカルプレーンシャッターの例であり、図21(a)は裏面側から見た図、図21(b)は表面側から見た図である。15はシャッター基板であり、像面の直前又は任意の光路位置に配される構成となっている。基板15には、光学系の有効光束を透過する開口部16が設けられている。17はロータリーシャッター幕である。18はロータリーシャッター幕17の回転軸であり、回転軸18は基板15に対して回転し、ロータリーシャッター幕17と一体化されている。回転軸18は基板15の表面のギヤ19、20と連結されている。このギヤ19、20は図示しないモーターと連結されている。

【0183】

このような構成において、図示しないモーターの駆動により、ギア19、20、回転軸18を介して、ロータリーシャッター幕17が回転軸18を中心に回転するように構成されている。

【0184】

このロータリーシャッター幕17は略半円型に構成され、回転により基板15の開口部16の遮蔽と退避を行い、シャッターの役割を果たしている。シャッタースピードはこのロータリーシャッター幕17の回転するスピードを変えることで調整される。

【0185】

図22(a)～(d)は、ロータリーシャッター幕17が回転する様子を像面側からみた図である。時間を追って図の(a)、(b)、(c)、(d)、(a)の順で移動する。

【0186】

以上のように、レンズ系の異なる位置に形状が固定の開口絞りSと光量調整を行うフィルターあるいはシャッターを配置することにより、回折の影響を抑えて高画質を保ちつつ、フィルターやシャッターにより光量調整が行え、かつ、レンズ系の全長の短縮化も可能とした撮像装置を得ることができる。

【0187】

また、機械的なシャッターを用いずに、CCDの電気信号の一部を取り出して静止画を得るような電氣的な制御で行う構成としてもよい。このような構成の1例を、図23、図24によりCCD撮像の動作を説明しながら説明する。図23は、インターレース式（飛び越し走査式）で信号の順次読み出しを行っているCCD撮像の動作説明図である。図23において、Pa～Pcはフォトダイオードを用いた感光部、Va～VcはCCDによる垂直転送部、HaはCCDによる水平転送部である。Aフィールドは奇数フィールド、Bフィールドは偶数フィールドを示している。

【0188】

図23の構成では、基本動作が次のように行われる。すなわち、(1)感光部

で光による信号電荷の蓄積（光電変換）、（２）感光部から垂直転送部への信号電荷のシフト（フィールドシフト）、（３）垂直転送部での信号電荷の転送（垂直転送）、（４）垂直転送部から水平転送部への信号電荷の転送（ラインシフト）、（５）水平転送部での信号電荷の転送（水平転送）、（６）水平転送部の出力端で信号電荷の検出（検出）。このような順次読み出しは、Ａフィールド（奇数フィールド）とＢフィールド（偶数フィールド）の何れか一方を用いて行うことができる。

【0189】

図 23 のインターレース式（飛び越し走査式）ＣＣＤ撮像は、ＴＶ放送方式やアナログビデオ方式では、ＡフィールドとＢフィールドの蓄積タイミングが 1/60 ずれている。これをそのまま ＤＳＣ（Digital Spectrum Compatible）用画像としてフレーム画を構成すると、動きのある被写体の場合、二重像のようなブレを起こす。そこで、このタイプの ＣＣＤ撮像では、Ａ、Ｂフィールドを同時露光して隣接するフィールドの信号を混合する。そして、機械的なシャッターで露光終了時に湛光した後、ＡフィールドとＢフィールドそれぞれ別々に読み出して信号を合成する方法が取られている。

【0190】

本発明においては、機械的なシャッターの役割をスミア防止用のみとして、Ａフィールドのみの順次読み出し、あるいは、Ａ、Ｂフィールドを同時混合読み出しとすることにより、垂直解像度は低下するが、機械的なシャッターの駆動スピードに左右されず（電子的なシャッターのみでコントロールできるため）、高速シャッターを切ることができる。図 23 の例では、垂直転送部の ＣＣＤの数が感光部を構成するフォトダイオードの数の半分であるので、小型化しやすいという利点がある。

【0191】

図 24 は、信号の順次読み出しをプログレッシブ式で行う ＣＣＤ撮像の動作説明図である。図 24 において、Ｐｄ～Ｐｆはフォトダイオードを用いた感光部、Ｖｄ～Ｖｆは ＣＣＤによる垂直転送部、Ｈｂは ＣＣＤによる水平転送部である。

【0192】

図 24 においては、画素の並び順に読み出すことができるので、電荷蓄積読み出し作業を全て電子的にコントロールすることが可能となる。したがって、露光時間を (1/10000 秒) 程度に短くすることができる。図 24 の例では、図 23 の場合よりも垂直 CCD の数が多く、小型化が困難という不利な点があるが、前記したような利点があるので、本発明においては、図 23、図 24 の何れの方法も採用することができる。

【0193】

さて、以上のような本発明の撮像装置は、結像光学系で物体像を形成しその像を CCD 等の撮像素子に受光させて撮影を行う撮影装置、とりわけデジタルカメラやビデオカメラ、情報処理装置の例であるパソコン、電話、特に持ち運びに便利な携帯電話等に用いることができる。以下に、その実施形態を例示する。

【0194】

図 25～図 27 は、本発明による結像光学系をデジタルカメラの撮影光学系 41 に組み込んだ構成の概念図を示す。図 25 はデジタルカメラ 40 の外観を示す前方斜視図、図 26 は同後方斜視図、図 27 はデジタルカメラ 40 の構成を示す断面図である。デジタルカメラ 40 は、この例の場合、撮影用光路 42 を有する撮影光学系 41、ファインダー用光路 44 を有するファインダー光学系 43、シャッター 45、フラッシュ 46、液晶表示モニター 47 等を含み、カメラ 40 の上部に配置されたシャッター 45 を押圧すると、それに連動して撮影光学系 41、例えば実施例 1 の結像光学系を通して撮影が行われる。撮影光学系 41 によって形成された物体像が、近赤外カットコートを設けローパスフィルター作用を持たせたカバーガラス CG を介して CCD 49 の撮像面上に形成される。この CCD 49 で受光された物体像は、処理手段 51 を介し、電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター 47 に表示される。また、この処理手段 51 には記録手段 52 が接続され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、この記録手段 52 は処理手段 51 と別体に設けてもよいし、フロッピーディスクやメモリーカード、MO 等により電子的に記録書込を行うように構成してもよい。また、CCD 49 に代わって銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。

【0195】

さらに、ファインダー用光路44上にはファインダー用対物光学系53が配置してある。このファインダー用対物光学系53によって形成された物体像は、像正立部材であるポロプリズム55の視野枠57上に形成される。このポロプリズム55の後方には、正立正像にされた像を観察者眼球Eに導く接眼光学系59が配置されている。なお、撮影光学系41及びファインダー用対物光学系53の入射側、接眼光学系59の射出側にそれぞれカバー部材50が配置されている。

【0196】

このように構成されたデジタルカメラ40は、撮影光学系41が高性能で小型であるので、高性能・小型化が実現できる。

【0197】

なお、図27の例では、カバー部材50として平行平板を配置しているが、パワーを持ったレンズを用いてもよい。

【0198】

次に、本発明の結像光学系が対物光学系として内蔵された情報処理装置の1例であるパソコンが図28～図30に示される。図28はパソコン300のカバーを開いた前方斜視図、図29はパソコン300の撮影光学系303の断面図、図30は図28の状態の側面図である。図28～図30に示されるように、パソコン300は、外部から操作者が情報を入力するためのキーボード301と、図示を省略した情報処理手段や記録手段と、情報を操作者に表示するモニター302と、操作者自身や周辺の像を撮影するための撮影光学系303とを有している。ここで、モニター302は、図示しないバックライトにより背面から照明する透過型液晶表示素子や、前面からの光を反射して表示する反射型液晶表示素子や、CRTディスプレイ等であってよい。また、図中、撮影光学系303は、モニター302の右上に内蔵されているが、その場所に限らず、モニター302の周囲や、キーボード301の周囲のどこであってよい。

【0199】

この撮影光学系303は、撮影光路304上に、本発明による結像光学系（図では略記）からなる対物レンズ112と、像を受光する撮像素子チップ162と

を有している。これらはパソコン 300 に内蔵されている。

【0200】

ここで、撮像素子チップ 162 上にはローパスフィルター作用を持たせたカバーガラス CG が付加的に貼り付けられて撮像ユニット 160 として一体に形成され、対物レンズ 112 の鏡枠 113 の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ 112 と撮像素子チップ 162 の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠 113 の先端には、対物レンズ 112 を保護するためのカバーガラス 114 が配置されている。

【0201】

撮像素子チップ 162 で受光された物体像は、端子 166 を介して、パソコン 300 の処理手段に入力され、電子画像としてモニター 302 に表示される、図 28 には、その 1 例として、操作者の撮影された画像 305 が示されている。また、この画像 305 は、処理手段を介し、インターネットや電話を介して、遠隔地から通信相手のパソコンに表示されることも可能である。

【0202】

次に、本発明の結像光学系が撮影光学系として内蔵された情報処理装置の 1 例である電話、特に持ち運びに便利な携帯電話が図 31 に示される。図 31 (a) は携帯電話 400 の正面図、図 31 (b) は側面図、図 31 (c) は撮影光学系 405 の断面図である。図 31 (a) ~ (c) に示されるように、携帯電話 400 は、操作者の声を情報として入力するマイク部 401 と、通話相手の声を出力するスピーカ部 402 と、操作者が情報を入力する入力ダイヤル 403 と、操作者自身や通話相手等の撮影像と電話番号等の情報を表示するモニター 404 と、撮影光学系 405 と、通信電波の送信と受信を行うアンテナ 406 と、画像情報や通信情報、入力信号等の処理を行う処理手段（図示せず）とを有している。ここで、モニター 404 は液晶表示素子である。また、図中、各構成の配置位置は、特にこれらに限られない。この撮影光学系 405 は、撮影光路 407 上に配置された本発明による結像光学系（図では略記）からなる対物レンズ 112 と、物体像を受光する撮像素子チップ 162 とを有している。これらは、携帯電話 40

0 に内蔵されている。

【0 2 0 3】

ここで、撮像素子チップ 1 6 2 上にはローパスフィルター作用を持たせたカバーガラス C G が付加的に貼り付けられて撮像ユニット 1 6 0 として一体に形成され、対物レンズ 1 1 2 の鏡枠 1 1 3 の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ 1 1 2 と撮像素子チップ 1 6 2 の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠 1 1 3 の先端には、対物レンズ 1 1 2 を保護するためのカバーガラス 1 1 4 が配置されている。

【0 2 0 4】

撮像素子チップ 1 6 2 で受光された物体像は、端子 1 6 6 を介して、図示していない処理手段に入力され、電子画像としてモニター 4 0 4 に、又は、通信相手のモニターに、又は、両方に表示される。また、通信相手に画像を送信する場合、撮像素子チップ 1 6 2 で受光された物体像の情報を、送信可能な信号へと変換する信号処理機能が処理手段には含まれている。

【0 2 0 5】

なお、以上の各実施例は、前記の特許請求の範囲の構成に合わせて種々変更することができる。

【0 2 0 6】

【発明の効果】

本発明により、製造誤差に対する性能劣化が少なく、小型化しても高性能な結像光学系とそれを用いた小型で高性能の撮像装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の結像光学系の実施例 1 の無限遠物点合焦時のレンズ断面図である。

【図 2】

実施例 2 の結像光学系の図 1 と同様のレンズ断面図である。

【図 3】

実施例 3 の結像光学系の図 1 と同様のレンズ断面図である。

【図 4】

実施例 4 の結像光学系の図 1 と同様のレンズ断面図である。

【図 5】

実施例 1 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 6】

実施例 2 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 7】

実施例 3 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 8】

実施例 4 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 9】

撮像素子にて撮影を行う場合の最大像高 I_h を定義する有効撮像面の対角長 L について説明するための図である。

【図 10】

撮像素子の撮像面に視野枠を配する場合の最大像高 I_h を定義する有効撮像面の対角長 L について説明するための図である。

【図 11】

近赤外シャープカットコートの一例の透過率特性を示す図である。

【図 12】

ローパスフィルターの射出面側に設ける色フィルターの一例の透過率特性を示す図である。

【図 13】

補色モザイクフィルターの色フィルター配置を示す図である。

【図 14】

補色モザイクフィルターの波長特性の一例を示す図である。

【図 15】

絞りの開口形状を開放状態としたことを示す図である。

【図 16】

絞りの開口形状を 2 段絞りとした状態を示す図である。

【図 17】

形状と透過率の異なる形状固定の複数の明るさ絞りを設けたターレットを配置した本発明の結像光学系の構成を示す斜視図である。

【図 18】

図 17 に示すターレットに代わる別のターレットを示す正面図である。

【図 19】

本発明において利用可能な別のターレット状の光量調整フィルターを示す図である。

【図 20】

光量ムラを抑えるフィルターの例を示す図である。

【図 21】

ロータリーフォーカルプレーンシャッターの例を示す裏面図と表面図である。

【図 22】

図 21 のシャッターのロータリーシャッター幕が回転する様子を示す図である。

【図 23】

インターレース式 CCD 撮像の動作説明図である。

【図 24】

プログレッシブ式 CCD 撮像の動作説明図である

【図 25】

本発明による結像光学系を組み込んだデジタルカメラの外観を示す前方斜視図である。

【図 26】

図 25 のデジタルカメラの後方斜視図である。

【図 27】

図 25 のデジタルカメラの断面図である。

【図 28】

本発明による結像光学系が対物光学系として組み込まれたパソコンのカバーを開いた前方斜視図である。

【図 29】

パソコンの撮影光学系の断面図である。

【図 30】

図 28 の状態の側面図である。

【図 31】

本発明による結像光学系が対物光学系として組み込まれた携帯電話の正面図、側面図、その撮影光学系の断面図である。

【符号の説明】

- S …明るさ絞り
- L 1…第 1 正レンズ
- L 2…第 2 負レンズ
- L 3…第 3 正レンズ
- C G…カバーガラス
- I …像面
- F S…フレア絞り
- O P…光軸
- D a…絞り板
- X a、X b…開口部
- P a～P f…感光部
- V a～V f…垂直転送部
- H a、H b…水平転送部
- E …観察者眼球
- 1 A、1 B、1 C、1 D、1 E…開口
- 1 A'、1 B'、1 C'、1 D'、1 E' …開口
- 1 A''、1 B''、1 C''、1 D'' …開口
- 1 0…ターレット
- 1 0' …ターレット
- 1 0'' …ターレット
- 1 1…回転軸

1 5 …シャッター基板
1 6 …開口部
1 7 …ロータリーシャッター幕
1 8 …回転軸
1 9、2 0 …ギヤ
4 0 …デジタルカメラ
4 1 …撮影光学系
4 2 …撮影用光路
4 3 …ファインダー光学系
4 4 …ファインダー用光路
4 5 …シャッター
4 6 …フラッシュ
4 7 …液晶表示モニター
4 9 …C C D
5 0 …カバー部材
5 1 …処理手段
5 2 …記録手段
5 3 …ファインダー用対物光学系
5 5 …ポロプリズム
5 7 …視野枠
5 9 …接眼光学系
1 1 2 …対物レンズ
1 1 3 …鏡枠
1 1 4 …カバーガラス
1 6 0 …撮像ユニット
1 6 2 …撮像素子チップ
1 6 6 …端子
3 0 0 …パソコン
3 0 1 …キーボード

3 0 2 … モニター

3 0 3 … 撮影光学系

3 0 4 … 撮影光路

3 0 5 … 画像

4 0 0 … 携帯電話

4 0 1 … マイク部

4 0 2 … スピーカ部

4 0 3 … 入力ダイアル

4 0 4 … モニター

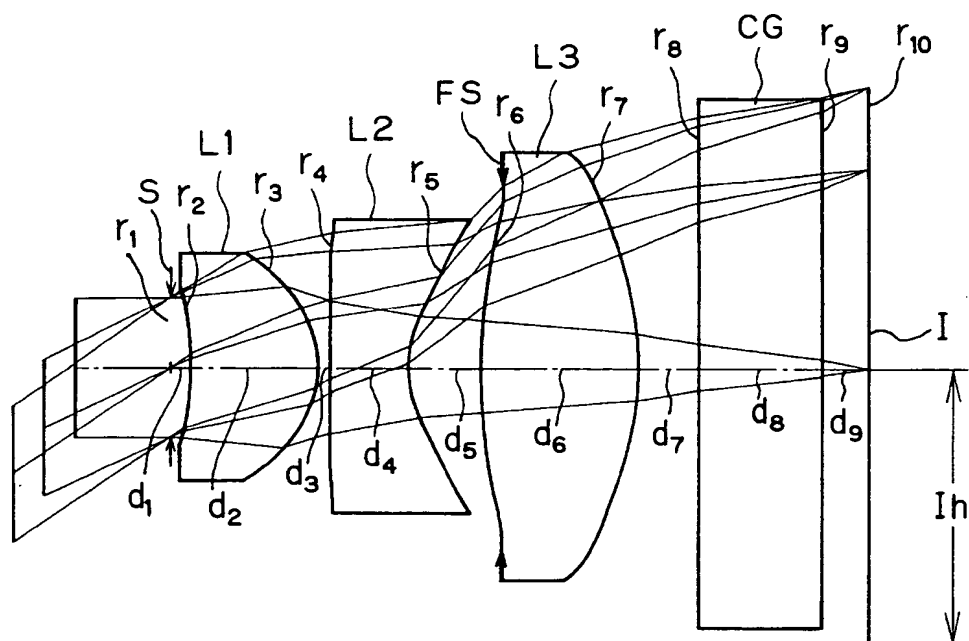
4 0 5 … 撮影光学系

4 0 6 … アンテナ

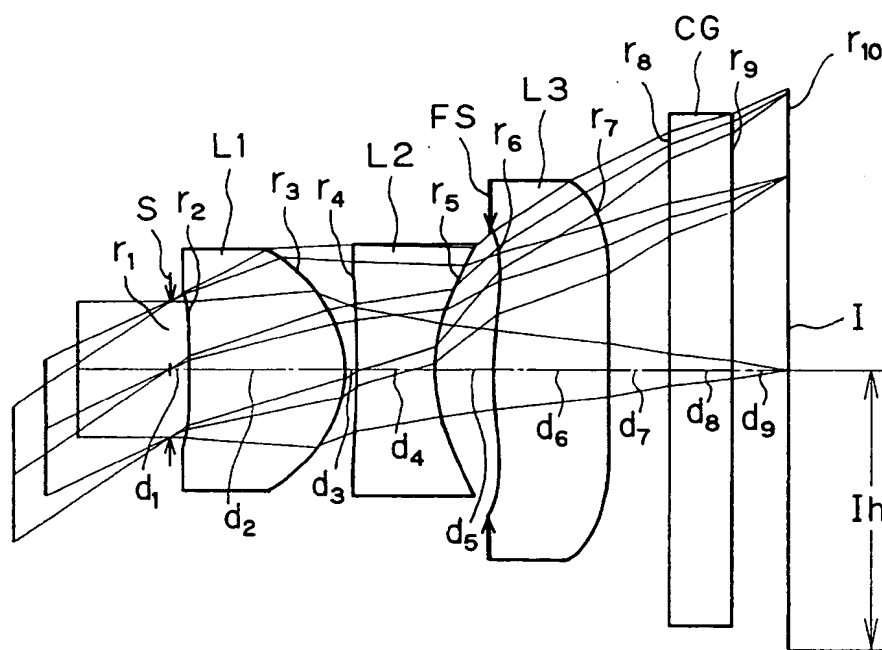
4 0 7 … 撮影光路

【書類名】 図面

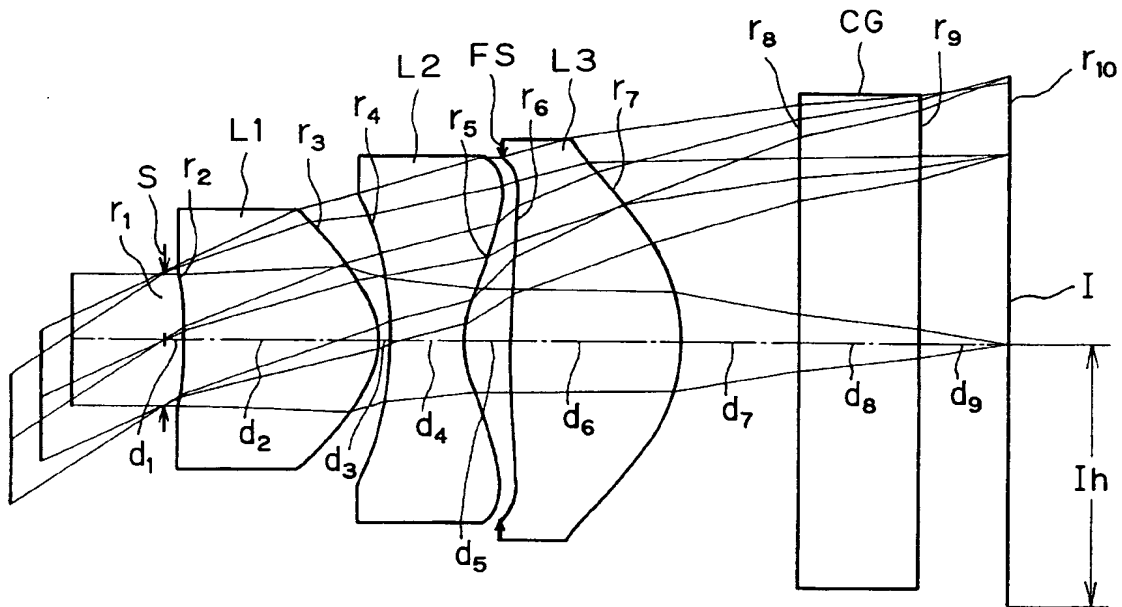
【図 1】



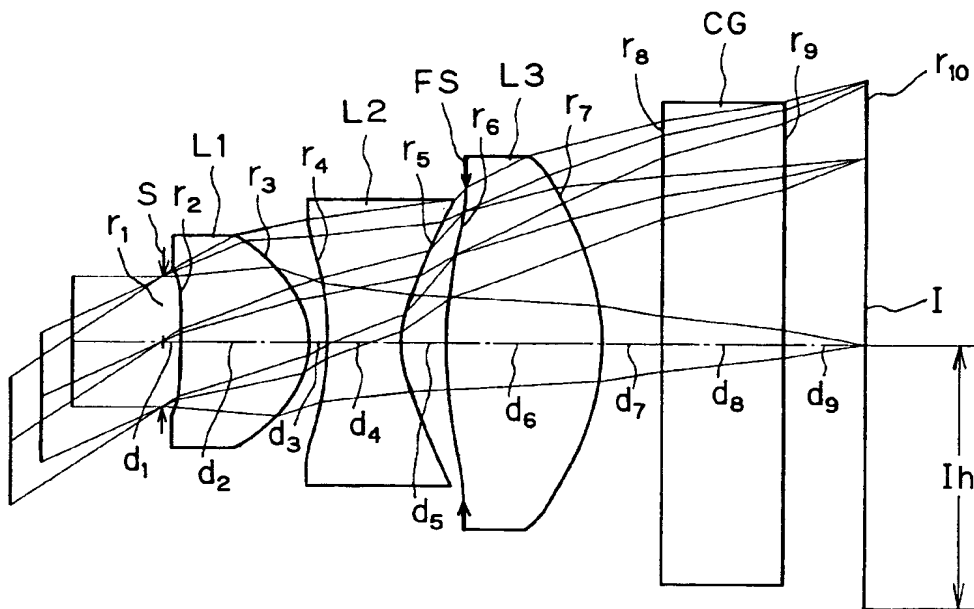
【図 2】



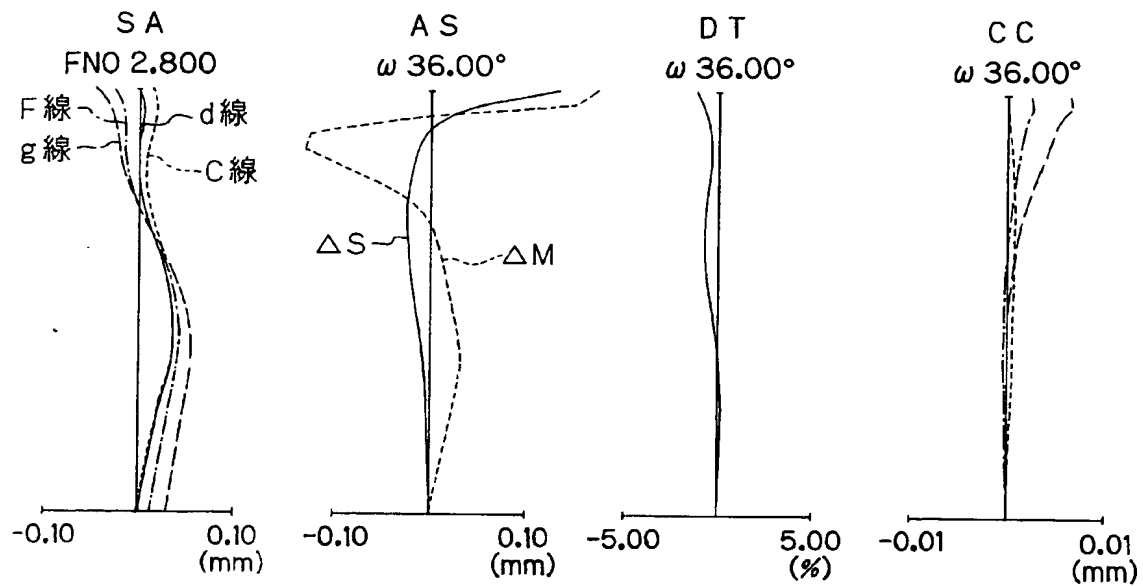
【図 3】



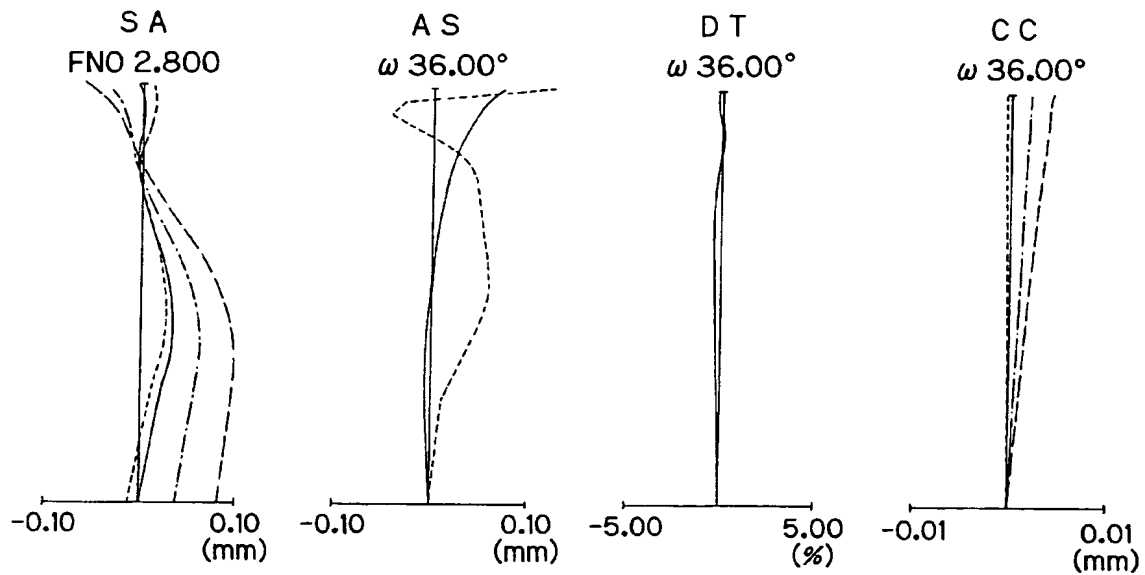
【図 4】



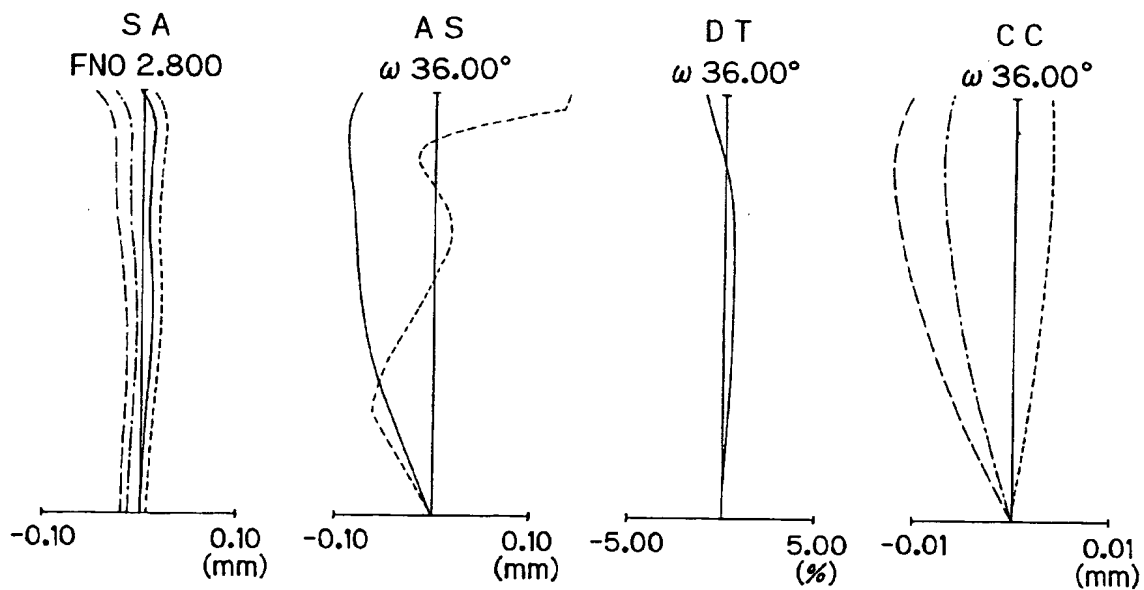
【図 5】



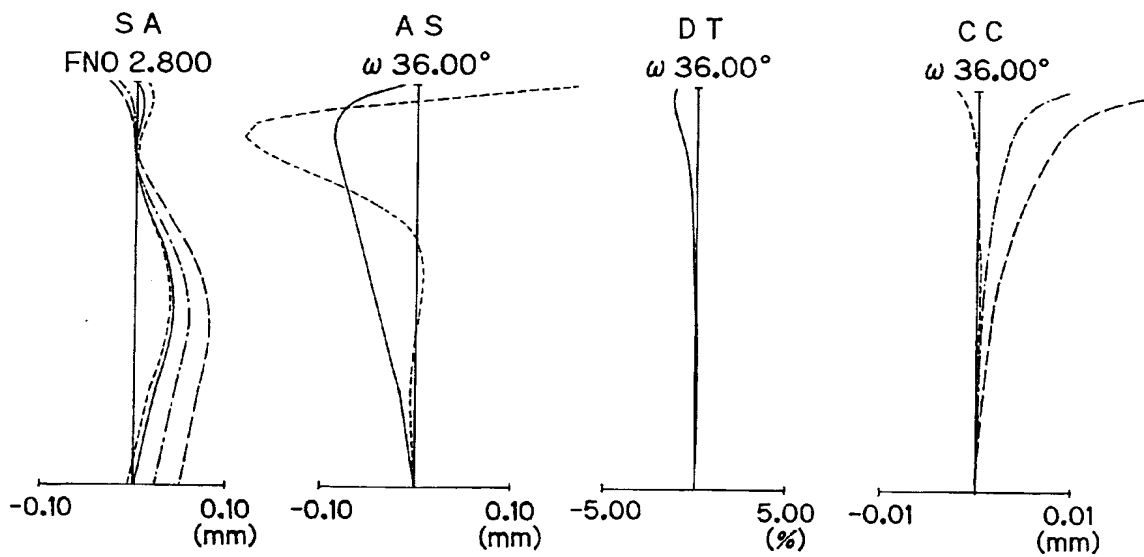
【図 6】



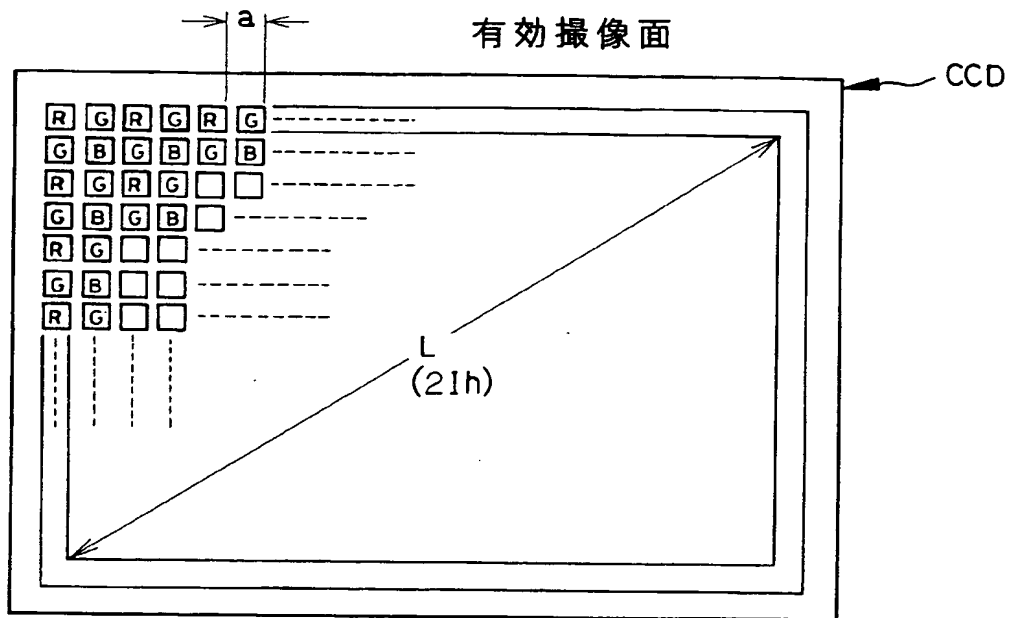
【図 7】



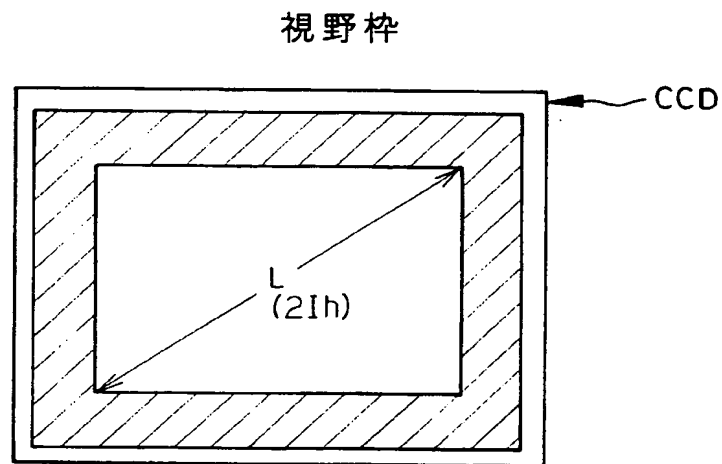
【図 8】



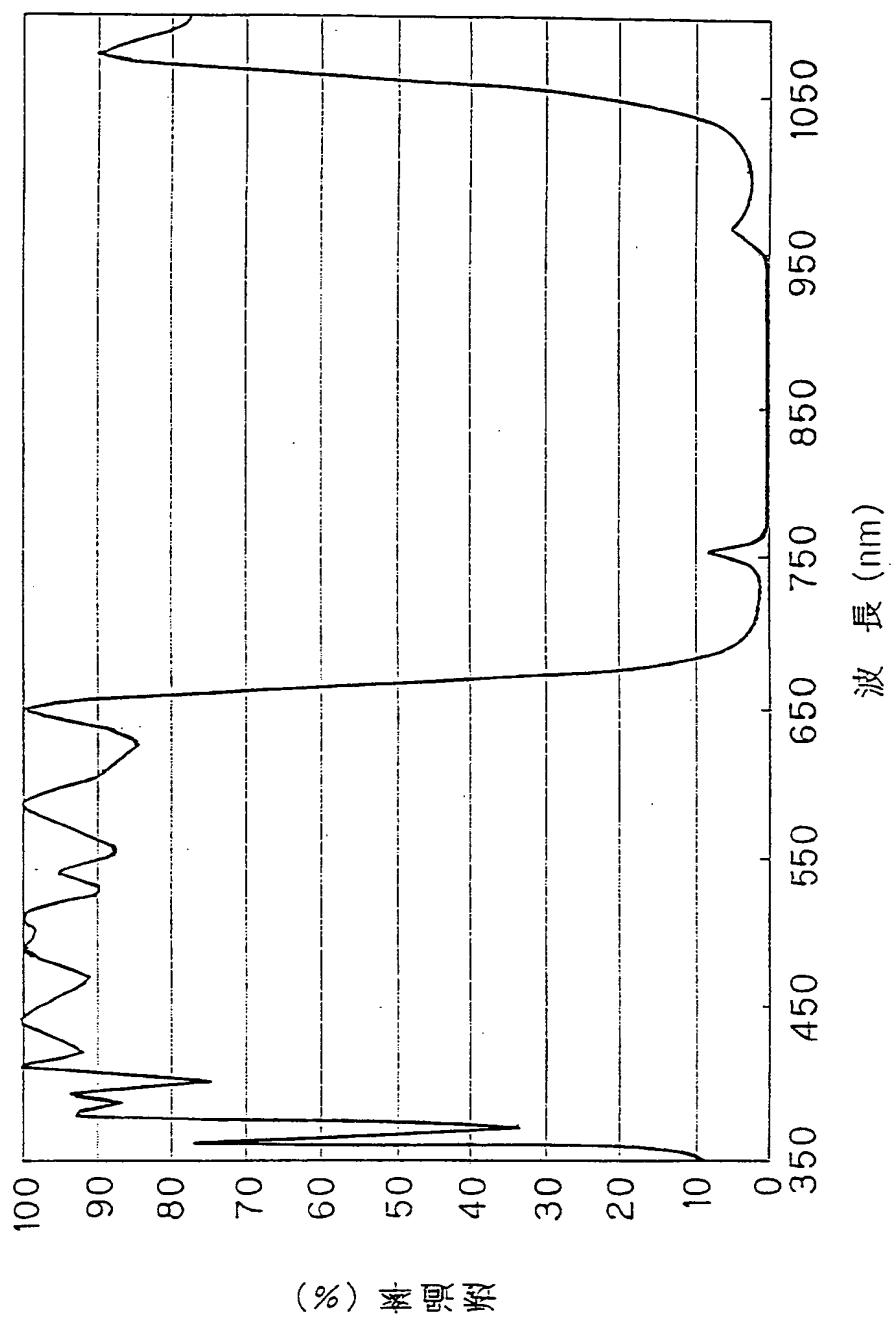
【図 9】



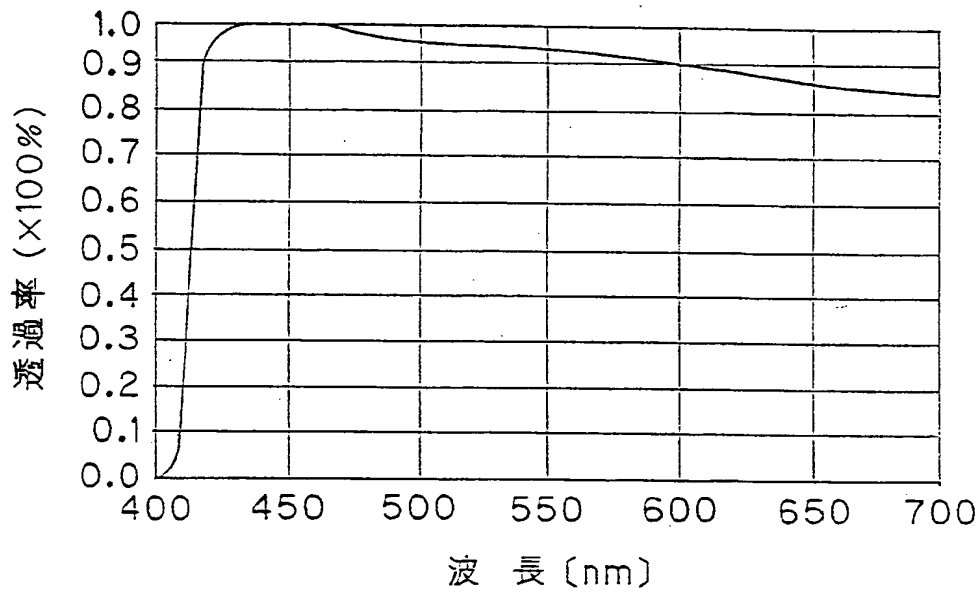
【図 10】



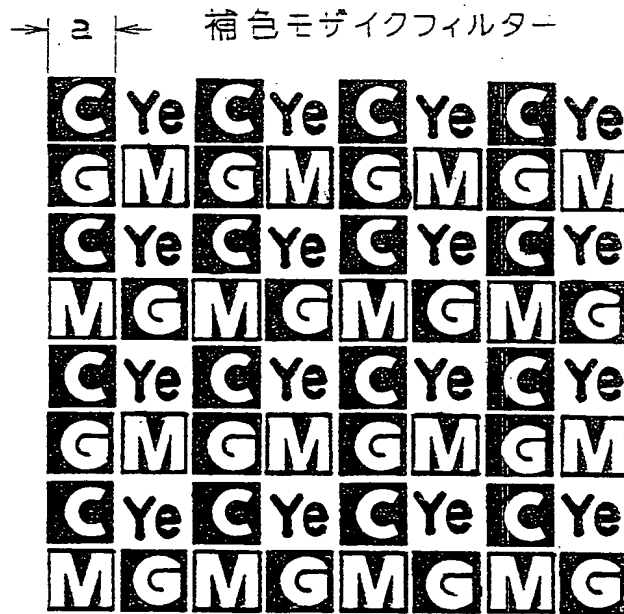
【図 11】



【図 1 2】

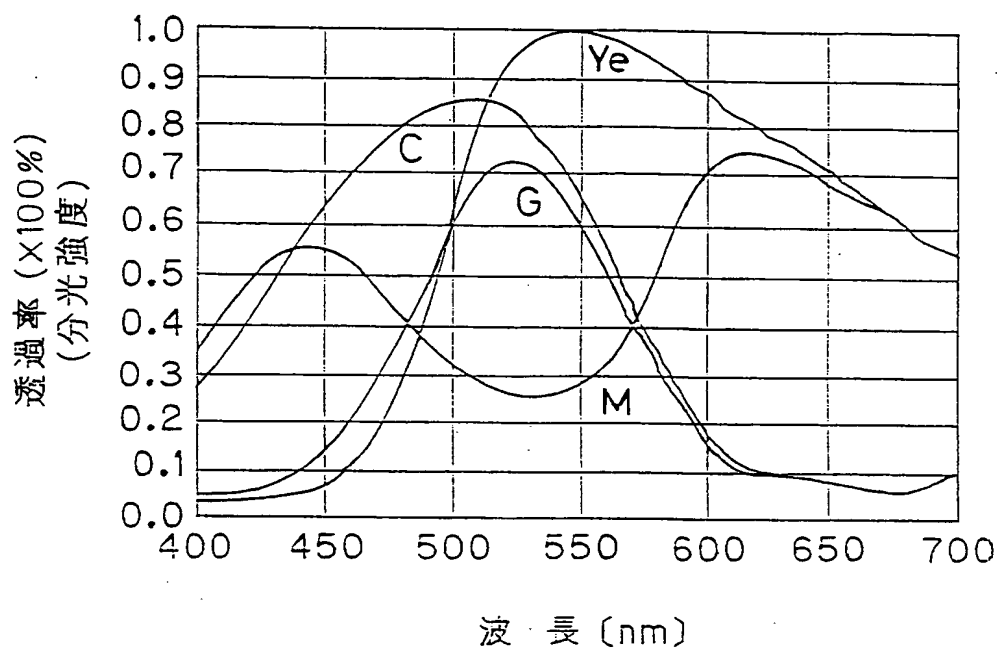


【図 1 3】

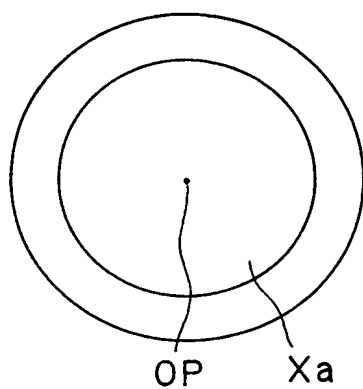


C:シアン M:マゼンタ
Ye:イエロー G:緑

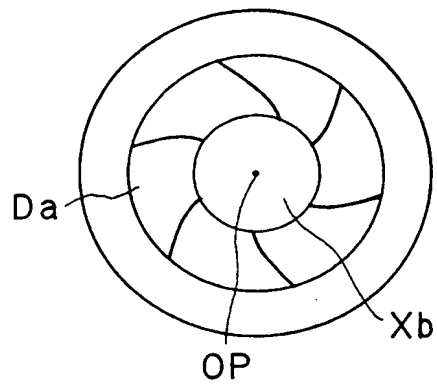
【図 14】



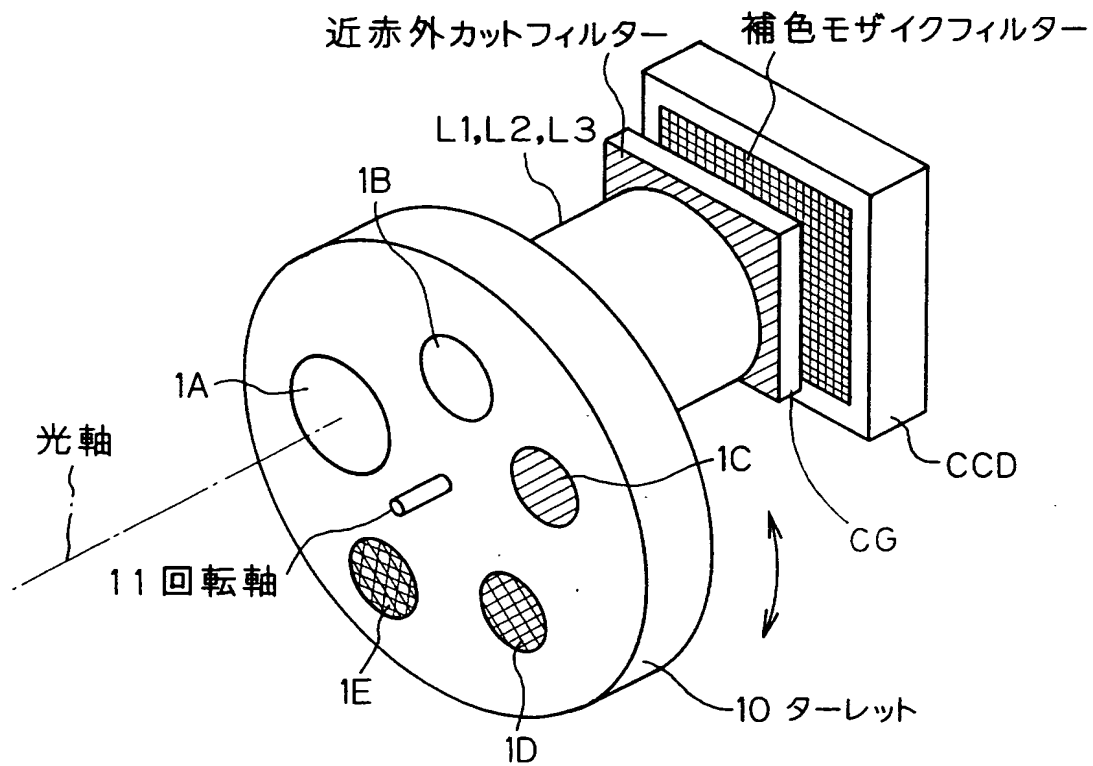
【図 15】



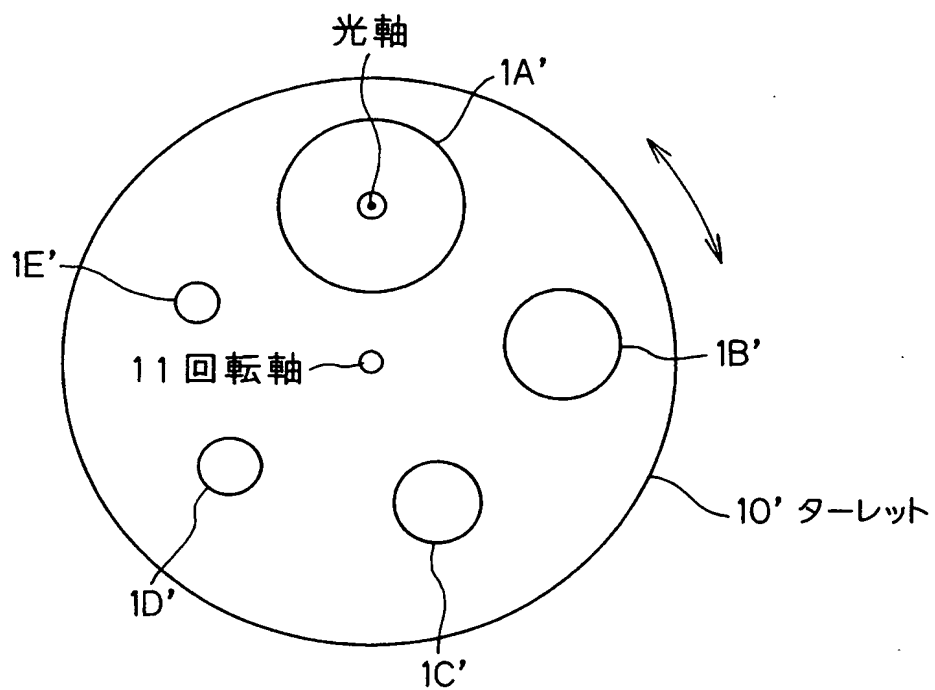
【図 16】



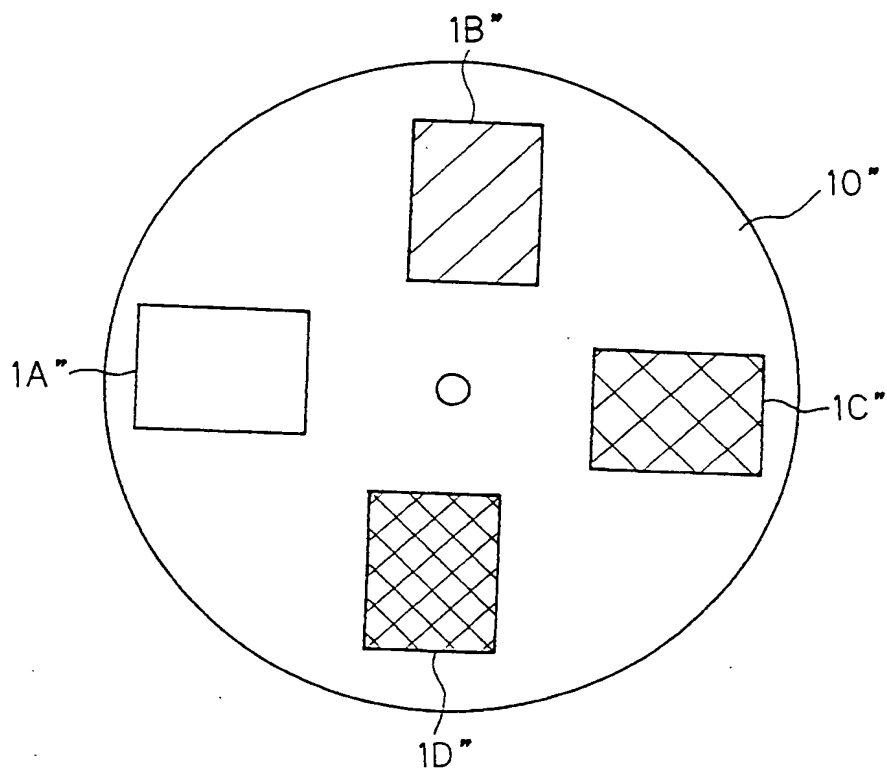
【図 17】



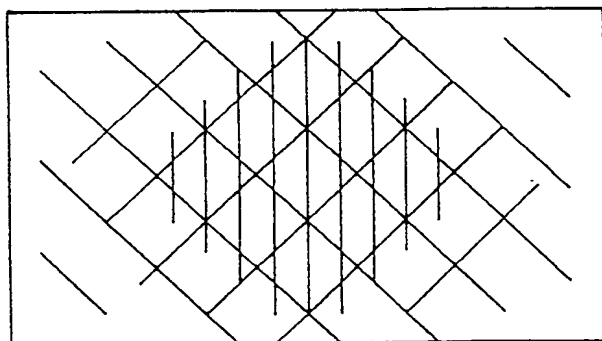
【図 18】



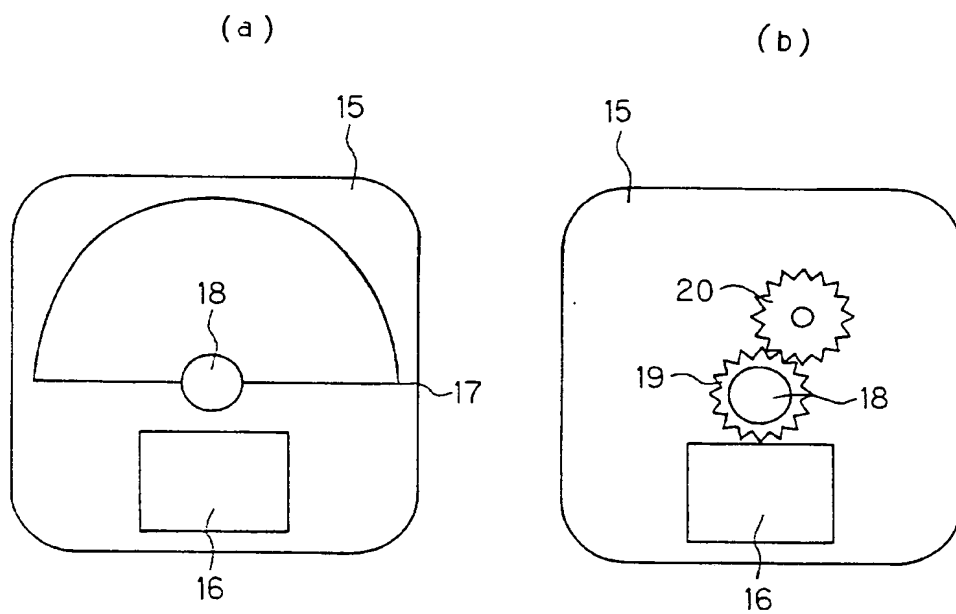
【図 19】



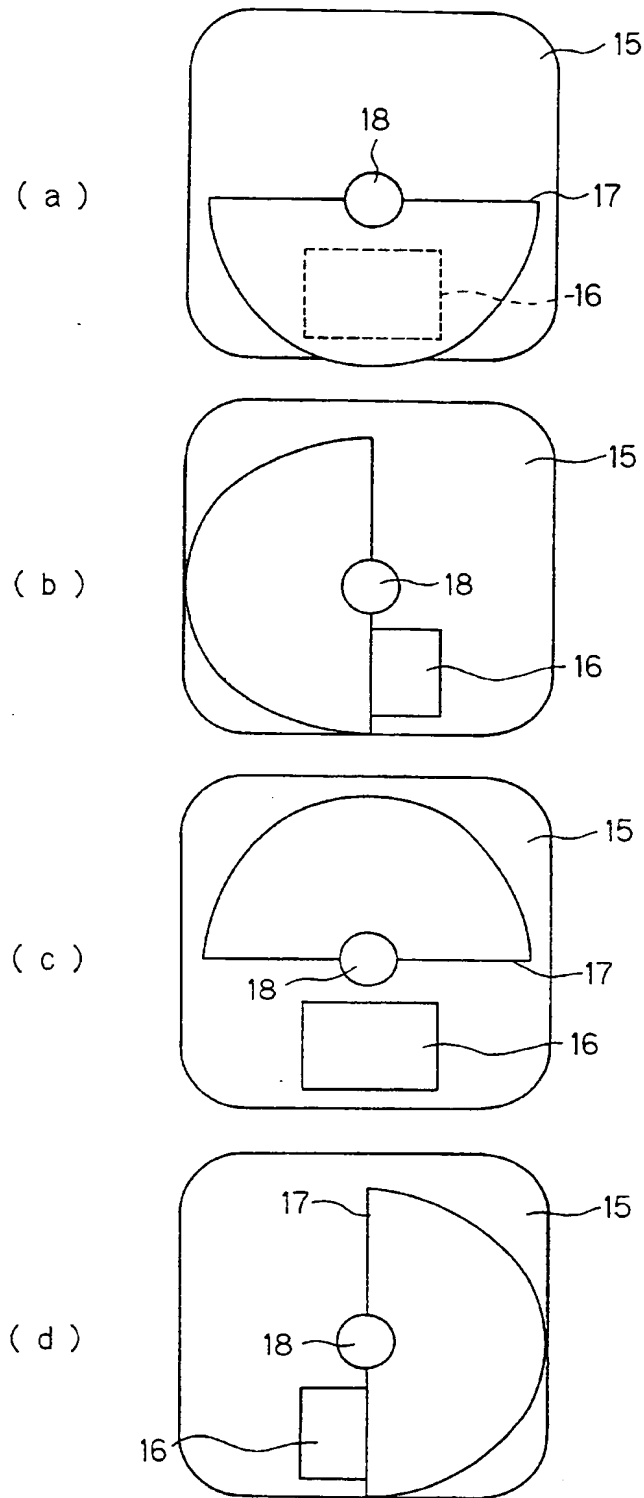
【図 20】



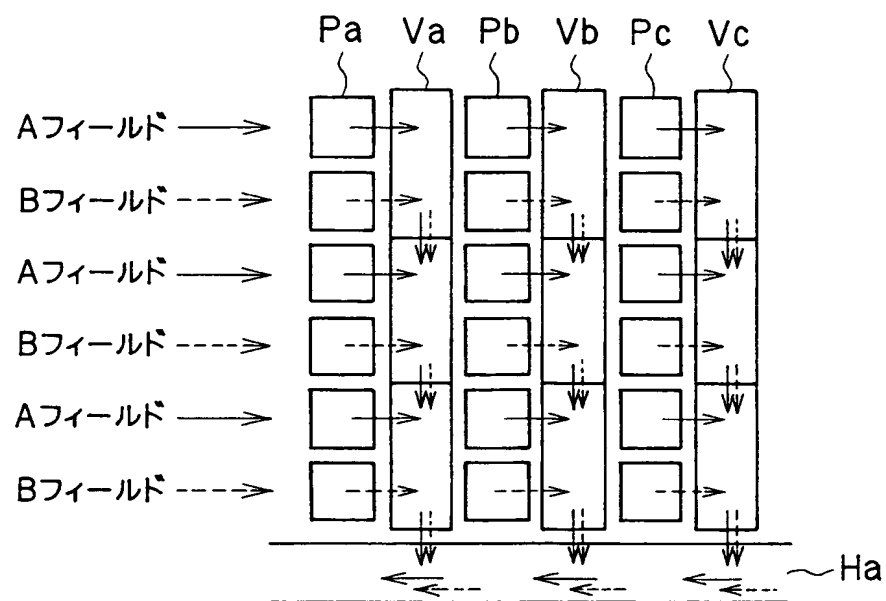
【図 21】



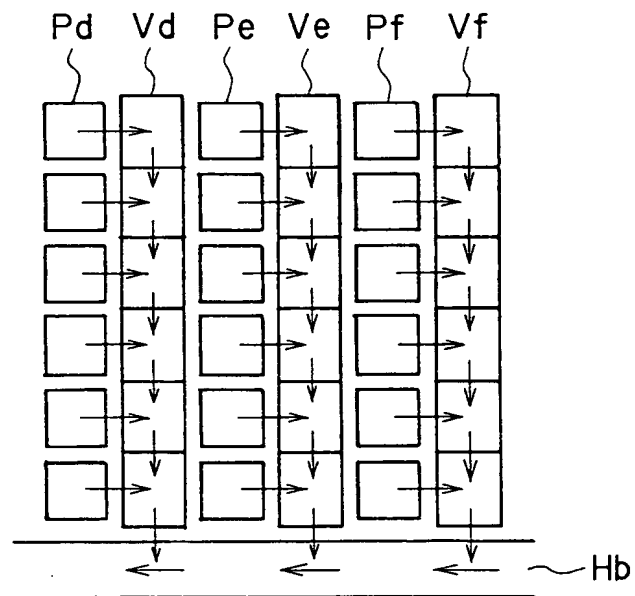
【図 22】



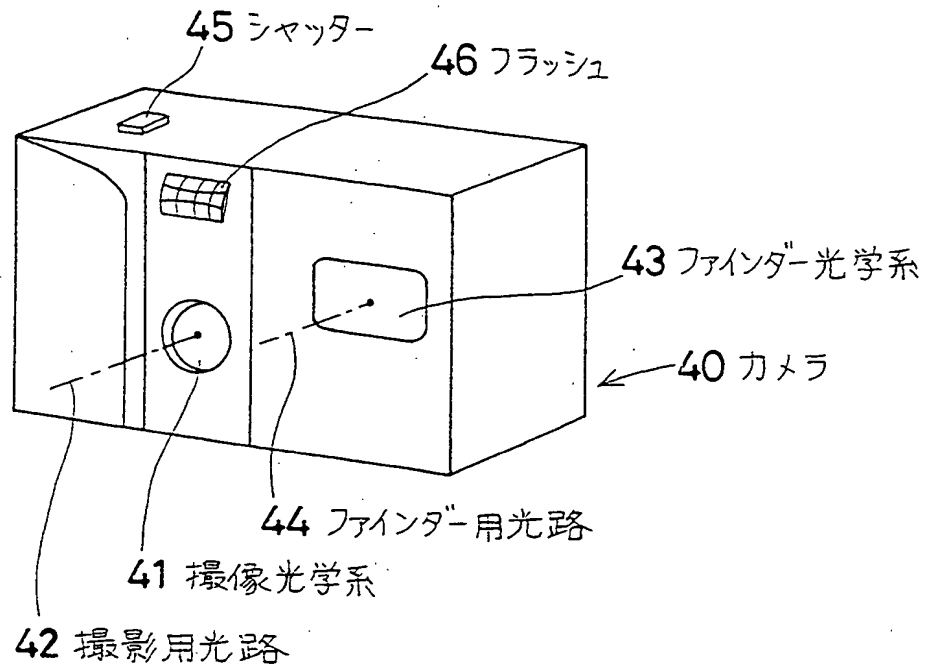
【図 23】



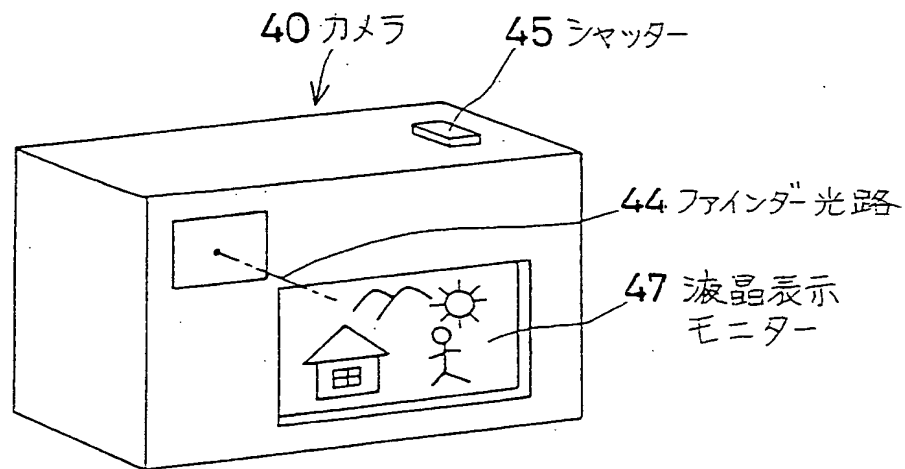
【図 24】



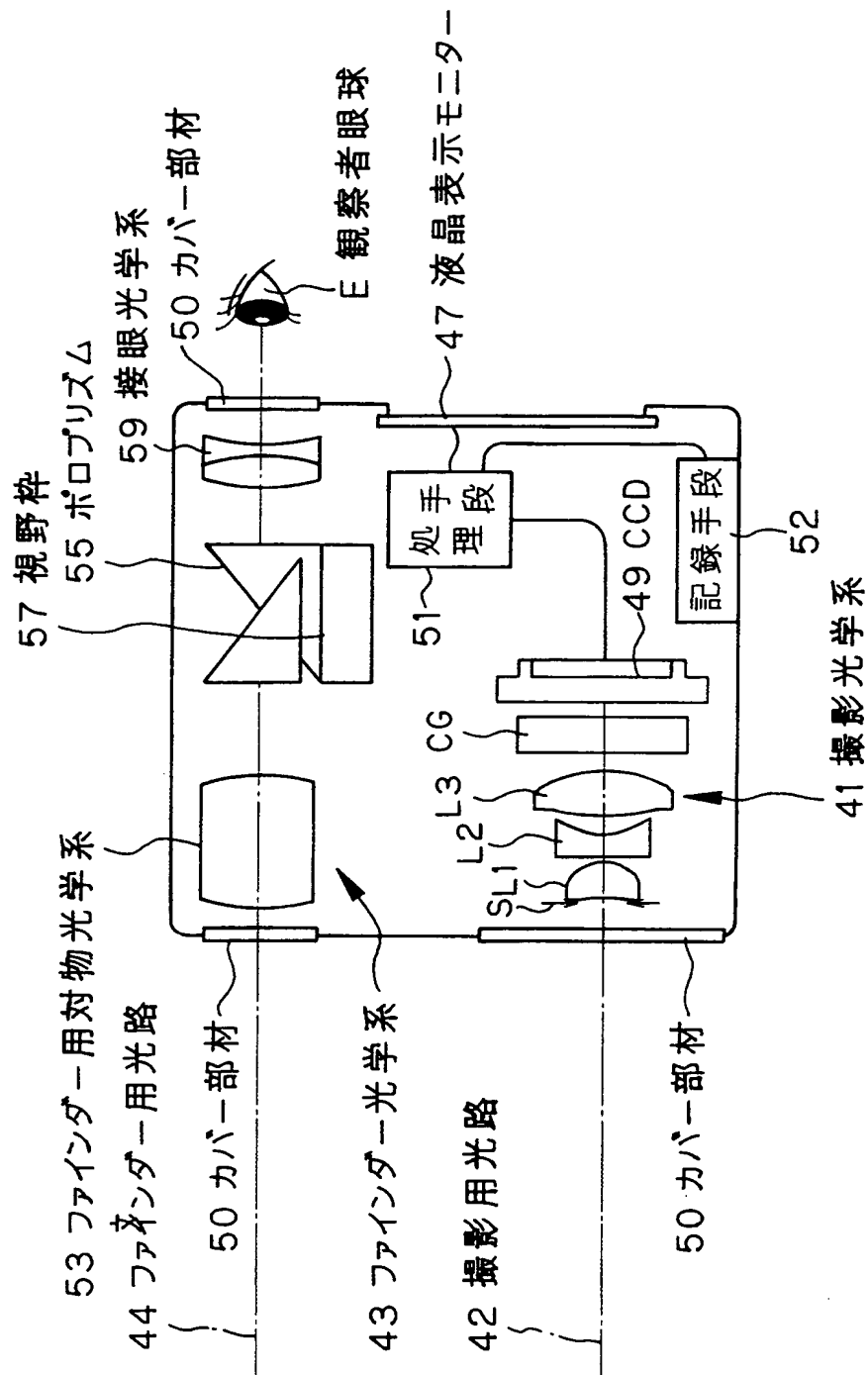
【図 25】



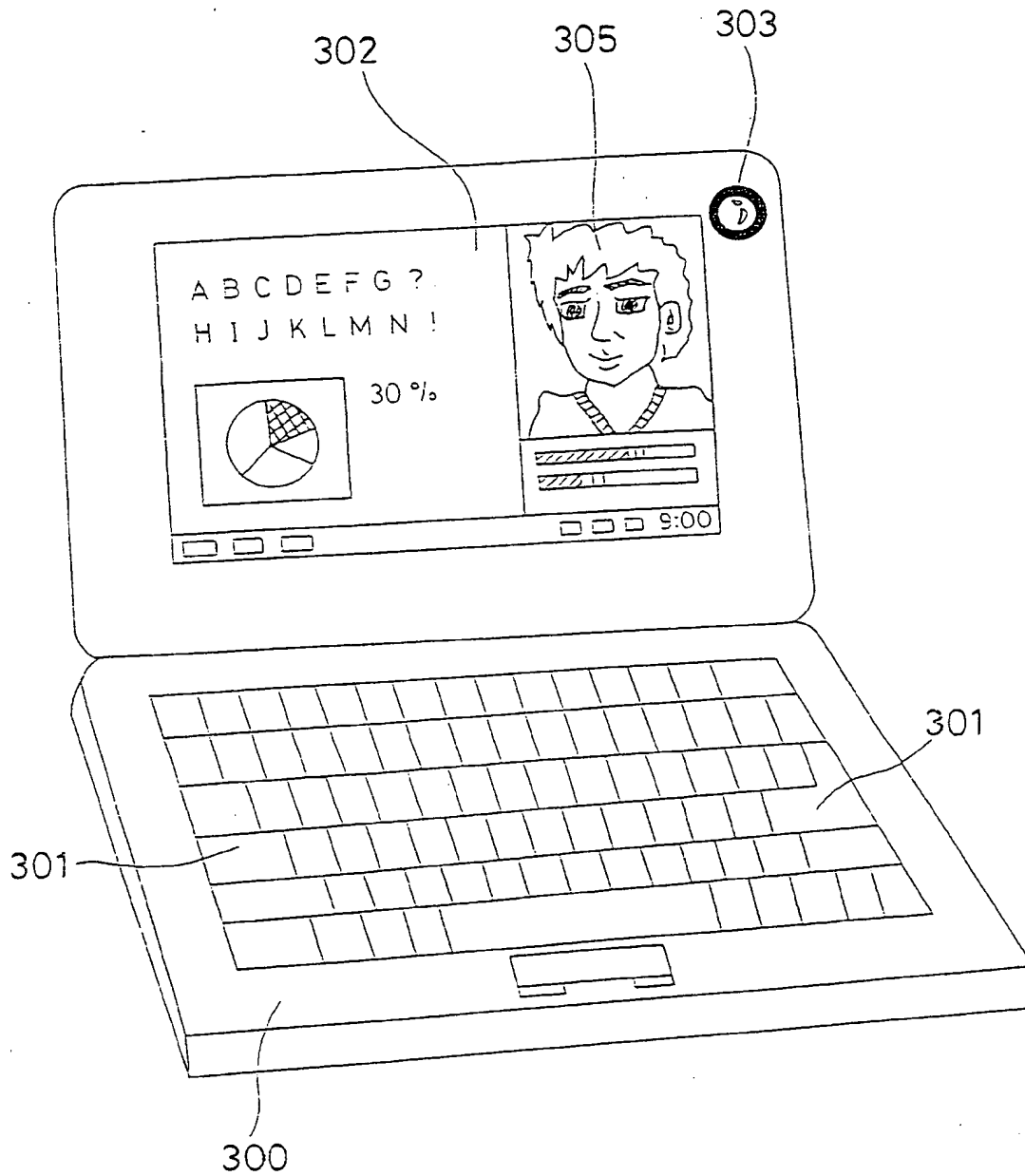
【図 26】



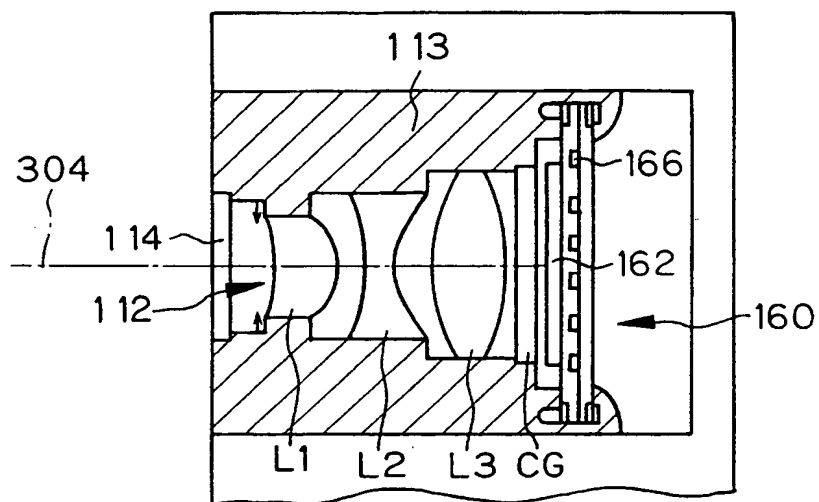
【図 27】



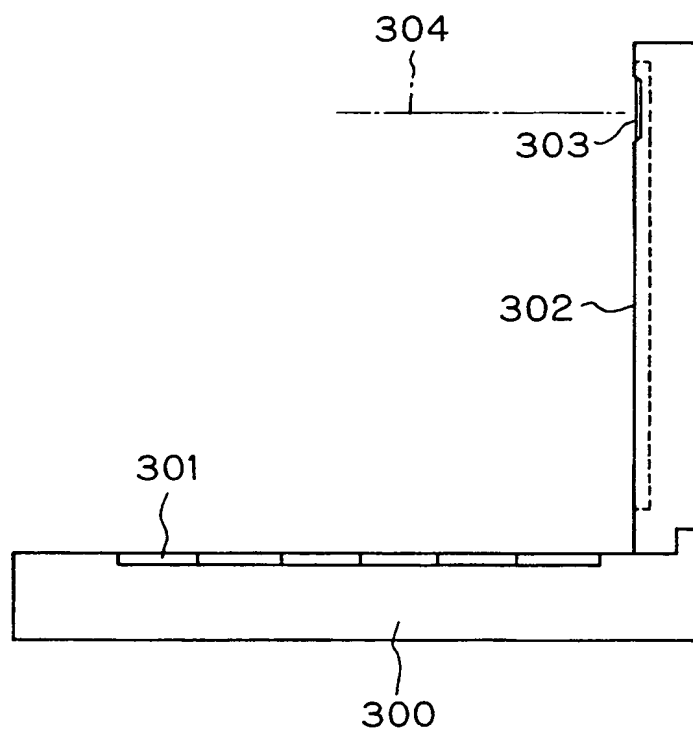
【図 28】



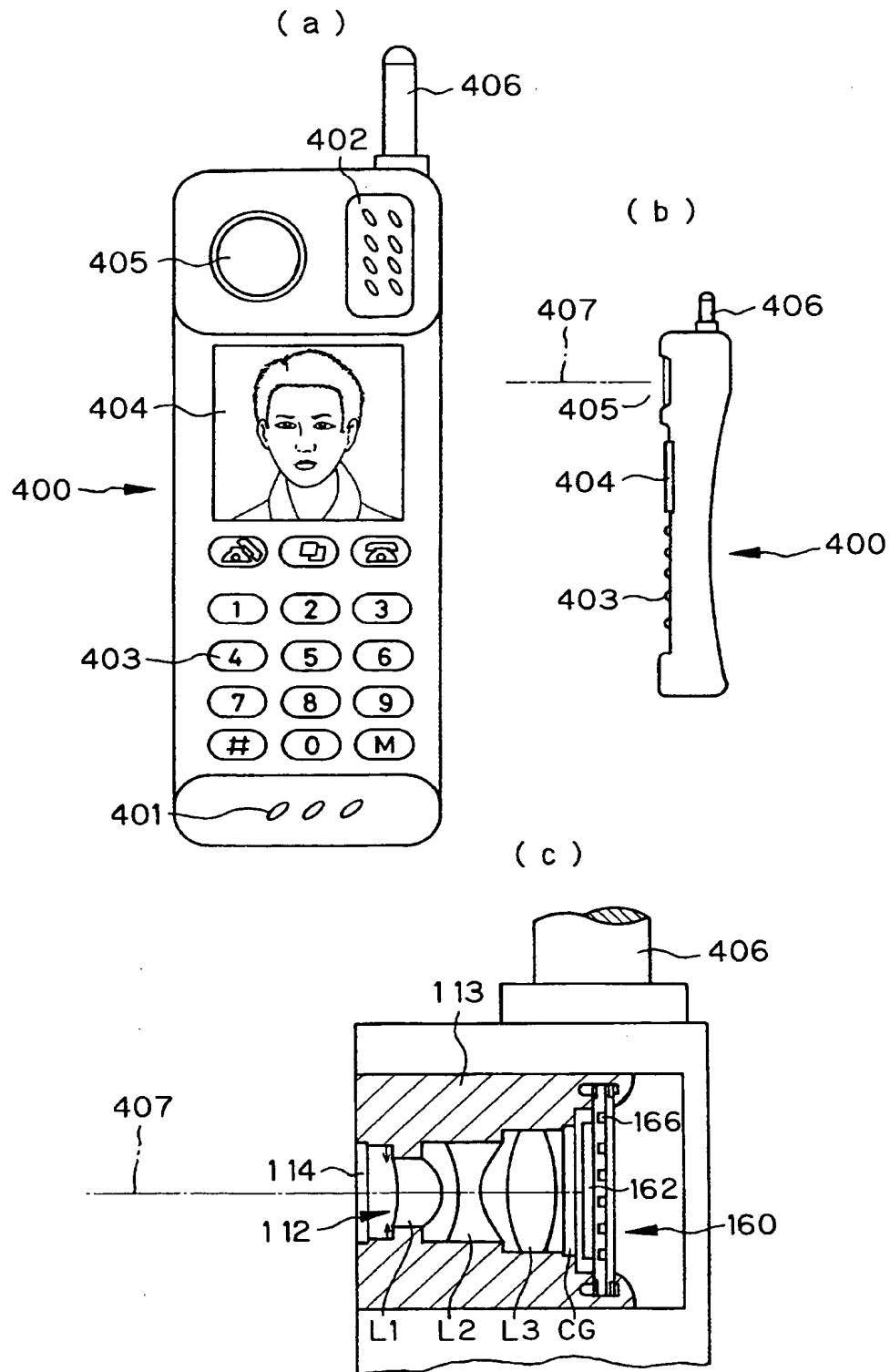
【図 29】



【図 30】



【図 31】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高性能化と小型化を同時に満たす結像光学系及びそれを用いた撮像装置。

【解決手段】 物体側から順に、明るさ絞り S と、像側の光軸上曲率半径の絶対値が物体側の光軸上曲率半径の絶対値よりも小さい正単レンズの第 1 正レンズ L 1 と、像側の光軸上曲率半径の絶対値が物体側の光軸上曲率半径の絶対値よりも小さい負単レンズの第 2 負レンズ L 2 と、正単レンズの第 3 正レンズ L 3 の 3 枚の単レンズからなる結像光学系と、その像面 I に配された撮像素子とを有する撮像装置。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 0 2 8 2 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 0 3 7 6]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号

氏 名

オリンパス光学工業株式会社

2. 変更年月日

2 0 0 3 年 1 0 月 1 日

[変更理由]

名称変更

住 所

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号

氏 名

オリンパス株式会社